



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB  
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS  
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ACURÁCIA DOS INSTRUMENTOS DE  
DETECÇÃO DE FOCOS DE INCÊNDIO NO DISTRITO FEDERAL**

CAROLINA ANDRADE CAETANO DE SOUSA

BRASÍLIA – DF

DEZEMBRO /2014

CAROLINA ANDRADE CAETANO DE SOUSA

**CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ACURÁCIA DOS INSTRUMENTOS DE  
DETECÇÃO DE FOCOS DE INCÊNDIO NO DISTRITO FEDERAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Carlos Henke de Oliveira.

BRASÍLIA – DF

DEZEMBRO/ 2014

SOUSA, CAROLINA.

Considerações acerca da acurácia dos instrumentos de detecção de focos de incêndios no Distrito Federal

Orientação: Dr. Carlos Henke de Oliveira.

51 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2014.

1. Conservação; 2- Incêndio; 3-Localização geográfica 4. Satélite; 5- Sensoriamento Remoto (PALAVRAS CHAVES)

# **CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ACURÁCIA DOS INSTRUMENTOS DE DETECÇÃO DE FOCOS DE INCÊNDIO NO DISTRITO FEDERAL**

Carolina Andrade Caetano de Sousa

Prof. Orientador: Dr. Carlos Henke de Oliveira

Brasília-DF, 04 de dezembro de 2014.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Carlos Henke de Oliveira (Orientador)

Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília

---

Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>.Isabel Belloni Schmidt (Avaliadora)

Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília

---

Prof.Dr.Pedro Henrique Zuchi da Conceição (Avaliador)

Departamento de Economia da Universidade de Brasília

## RESUMO

Os padrões espaço-temporais dos focos de incêndios podem ser identificados diretamente a partir de imagens de sensores orbitais. No entanto, existem diversas limitações tecnológicas, metodológicas que interferem na acurácia dos dados de focos de incêndio detectados pelos sistemas sensores. Tendo em vista a importância de se obter dados confiáveis para análises correntes, o presente estudo avalia os instrumentos de detecção de focos de incêndio. Na primeira parte do trabalho, um modelo de nebulosidade estimada foi construído levando-se em consideração o modelo de radiação para céu claro desenvolvido por Bird e Hulstrom (1981) e os dados de radiação fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A razão entre dados de radiação medida e a radiação modelada representa a transmitância atmosférica. Os dados de transmitância foram utilizados para quantificar a influência da nebulosidade na detectabilidade de focos de incêndio. A análise da influência da nebulosidade demonstra que o índice de incidência solar deve ser próximo ao máximo, para que grande parcela dos focos seja identificada. Na segunda parte do trabalho, o estudo realizado por Miller (1990), que trata de um programa que apresenta equações relacionadas às órbitas dos satélites; e o estudo realizado por Hoots e Roehrich (1988) que descreve modelos para resolução de questões relacionadas à posição e velocidade dos satélites utilizando a base de dados NORAD-TLE, foram utilizados para desenvolver um script de rastreamento que corrigiu inadequações no horário de digitalização dos satélites contidos na base original do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Essas alterações permitiram que a precisão posicional necessária fosse atingida para quantificar a influência do ângulo de visada dos satélites na detecção de focos de incêndio. Focos de incêndio são identificados principalmente em condições de céu claro e em posição nadir.

**Palavras-Chave:** sensoriamento remoto, incêndio, conservação, localização geográfica, satélites;

## **ABSTRACT**

The spatiotemporal patterns of fires can be identified directly from satellite sensors images. However, there are various technological and methodological limitations which affect quality of databases. Given the importance of obtaining reliable data for the current analyzes, this study evaluates the instruments that detects fires. A model of estimated nebulosity was done taking into account the radiation model for clear sky developed by Hulstrom and Bird (1981) and radiation data provided by the Brazilian National Institute of Meteorology (INMET). The “ratio” between data of the measured radiation and modeled radiation provides atmospheric transmittance. The transmittance data were used to quantify the influence of nebulosity on fire detectability. The nebulosity analysis demonstrates that the rate of solar radiation should be close to the maximum, so that a significant portion of fires could be identified. In the second part, the study by Miller (1990), which is a program that presents equations related to satellites orbits; and a study by Hoots and Roehrich (1988) that describes models for resolving issues related to the position and velocity of satellites using NORAD TLE databases, were used to develop a tracking script that corrected time imaging inadequacies contained in the original databases of the Space Research Institute in Brazil (INPE). These changes allowed the required positional accuracy to quantify the influence of the viewing angle of the satellite detection of fires. Fires are mainly identified on clear sky and nadir position.

**Keywords:** remote sensing, fire, conservation, satellites , geolocation

### Listas de Siglas e Acrônimos

<u>CÓDIGO INPE</u>	<u>DENOMINAÇÃO EM INGLÊS</u>	<u>DENOMINAÇÃO EM PORTUGUÊS</u>	<u>DENOMINAÇÃO NO BANCO DE DADOS</u>
AQUA Manhã			AQUA-M
AQUA MX			
AQUA Tarde			AQUA-T
AQUA UMD Manhã			AQUA M-M
AQUA UMD Tarde			AQUA_M-T
GOES 08 Noite	<i>Geostationary Satellite Server</i>	Satélite Servidor Geoestacionário	GOES-08
GOES 10 Todos			GOES-10
GOES 12 Todos			GOES-12
GOES 13 Todos			GOES-13
METEOSAT-02 Todos			METEOSAT-02
NOAA 12 Manhã	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>	Administração Nacional do Oceano e Atmosfera	NOAA-12 D
NOAA 12 Noite			NOAA-12
NOAA 14 Noite			NOAA-14
NOAA 15 Manhã			NOAA-15 D
NOAA 15 Noite			NOAA-15
NOAA 16 Madrugada			NOAA-16N
NOAA 16 Tarde			NOAA-16
NOAA 17 Madrugada			NOAA-17
NOAA 18 Manhã			NOAA-18 D
NOAA 18 Tarde			NOAA-18
NOAA 19 Manhã			NOAA-19 D
NOAA 19 Tarde			NOAA-19
TERRA Manhã			TERRA-M
TERRA Tarde			TERRAT
TERRA UMD Manhã			TERRA M-M
TERRA UMD Tarde			TERRA M-T

## Sumário

1-INTRODUÇÃO .....	10
1.1-Sobre Sensoriamento Remoto .....	10
1.2-Fatores relacionados à nebulosidade e ângulo de visada .....	11
2-CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	12
3- JUSTIFICATIVA DO TEMA .....	12
4-OBJETIVO GERAL .....	12
4.1-Objetivos Específicos .....	12
5-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
5.1-Dados Ecológicos.....	13
5.2-Falhas observadas em processos de aquisição de dados ambientais . ....	14
5.3-Características da vegetação e do clima da área de estudo .....	18
5.4-Resolução espacial e campo de visada instantâneo.....	20
5.5-Relações espaço–temporais e sistemas orbitais .....	23
6-MATERIAL E MÉTODOS .....	25
6.1- Procedimentos para análise da interferência do ângulo de visada na detecção de focos de incêndio .....	25
6.2- Procedimentos para análise da interferência da nebulosidade na detecção de focos de incêndio .....	28
6.3- Satélites utilizados e período de aquisição dos dados .....	29
7- RESULTADOS ALCANÇADOS/DISCUSSÃO .....	31
7.1-Avaliação da interferência do ângulo de visada na detecção de focos de incêndio.....	31
7.2-Avaliação da interferência da nebulosidade na detecção de focos de incêndio .....	39
8-CONCLUSÃO .....	46
9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47



## **1-Introdução**

### **1.1-Sobre Sensoriamento Remoto**

O Sensoriamento Remoto fornece informações sistemáticas acerca da superfície da Terra, cujas aplicações envolvem diversas áreas de conhecimento, dentre elas a urbana (inferência demográfica, planejamento urbano), agrícolas (previsão de safras, erosão do solo), geológicas, ecológicas (florestas, regiões alagadas, focos de incêndio), florestais, cartográficas, oceanográficas, hidrológicas e militares (NOVO, 2010). Dessa forma, o Sensoriamento Remoto é uma área de conhecimento bastante significativa, que fornece informações dos mais diversos interesses profissionais. Existem diversas definições para o termo “Sensoriamento Remoto”. Segundo Novo (2010),

“Podemos, então, a partir de agora, definir Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos, para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.” (p.28)

O sensoriamento remoto, além de diversas informações ambientais, produz imagens de satélite da superfície terrestre. Seu uso é extremamente difundido e utilizado pelos mais diversos órgãos estatais, empresas e pela academia para as mais diversas finalidades. Um ponto comum em todas essas análises envolve, em algum nível, ordenar e conhecer o espaço.

## **1.2-Fatores relacionados à nebulosidade e ângulo de visada**

Apesar de suas limitações, o Sensoriamento Remoto é um mecanismo bastante utilizado para a identificação de queimadas no Brasil, devido principalmente ao fato de o país possuir dimensões continentais. Contudo, as limitações dos mecanismos utilizados podem dificultar análises de certos fenômenos.

As informações obtidas por satélites são armazenadas em banco de dados, e geralmente, são gerenciados por centros de pesquisas. A partir desses dados brutos, é possível fazer análises de fenômenos ambientais. Devido às limitações técnicas dos instrumentos utilizados, análises sobre queimadas obtidas por satélites podem conduzir a resultados pouco precisos ou não retratar a realidade quanto aos danos causados por incêndios no bioma Cerrado.

Nesse trabalho são analisadas as interferências sofridas pelos satélites na identificação de queimadas em função de suas posições em trânsito, além dos fenômenos atmosféricos. O estudo tem por objetivo aprofundar questões relacionadas às limitações tecnológicas de identificação de focos de incêndios, especificamente sobre ângulos de visada de satélites e efeitos causados pela nebulosidade nos sistemas sensores.

Após um processo de revisão de conceitos fundamentais, parte considerável desse trabalho consiste em relatar processos de correções na base de dados, para que as análises dos efeitos da nebulosidade e ângulo de visada pudessem ser realizadas. Quando um satélite detecta uma queimada, o horário de identificação é registrado. Observou-se que os horários discriminados eram imprecisos.

A precisão do horário de identificação é importante, pois é a partir desse dado que a posição do satélite em relação ao foco de incêndio é determinada. Quando um satélite é corretamente localizado em um determinado instante de tempo, é possível avaliar quantitativamente a interferência do ângulo de visada, ou da posição do satélite, na capacidade de identificação de queimadas. Além disso, quando um satélite é corretamente localizado em um instante de tempo, é possível saber as condições climáticas, ou especificamente, as condições de nebulosidade, no instante do trânsito do satélite, e assim, quantificar esse fator na detecção de focos de incêndio.

## **2- Caracterização da área de estudo**

Os dados de focos de incêndios utilizados correspondem à área de estudo do Distrito Federal, que possui 5.786,16 km<sup>2</sup>, localizado na região Centro- Oeste, entre os paralelos de 15° 30` e 16° 03´ de latitude sul e os meridianos 47° 25´ e 48 ° 12 ` de longitude WGR ( Oeste do Meridiano de Greenwich).

## **3- Justificativa do tema**

As limitações acerca do uso de satélites para análises de focos de incêndio devem ser quantificadas e consolidadas em uma base de dados confiável. Nesse sentido, os estudos sobre os efeitos da nebulosidade e da posição dos satélites em relação aos focos apresentam uma grande importância no conhecimento e quantificação desses efeitos na capacidade de operacional dos sistemas sensores.

## **4-Objetivo Geral**

Conhecer de forma aprofundada as tecnologias utilizadas na detecção de focos de incêndio no Distrito Federal, bem como suas limitações, de modo a corrigir inconsistências presentes nos bancos de dados.

### **4.1-Objetivos Específicos**

- Analisar os efeitos do ângulo de visada na detecção dos focos
- Quantificar os efeitos da nebulosidade na determinação dos focos

## **5-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1-Dados Ecológicos**

Numerosas instituições de pesquisa produzem conhecimento científico à partir do gerenciamento de dados ecológicos. Segundo Drucker (2011):

Ecólogos estudam sistemas complexos nos quais fatores históricos e redes de interações não lineares têm papéis importantes. O compartilhamento de dados ecológicos e de áreas correlatas tem o potencial de ampliar o conhecimento atual sobre a interação de espécies entre si com o ambiente. O avanço da compreensão de sistemas naturais fornece embasamento para a tomada de decisões quanto a inúmeros desafios da sociedade, incluindo desastres naturais, saúde pública, saneamento básico, abastecimento de água e produção de alimentos, dentre outros.

Um modelo é uma formulação que procura representar o mundo real, e a partir dele, é possível fazer previsões. Os modelos simulados por computador permitem fazer alterações quando os parâmetros são alterados. Muitos céticos não acreditam que os modelos possam representar fielmente a complexidade da natureza. No entanto, uma quantidade pequena de variáveis pode ser suficiente para a construção de modelos que de fato funcionem, pois alguns fatores-chave dominam ou controlam grande quantidade do fenômeno (ODUM, 2008). Modelar os padrões de focos de incêndio e inseri-los em uma linha temporal, nos ajuda a compreender os fatores climáticos que podem levar a ocorrência desses incêndios. Conhecer seu comportamento pode nos levar a induzir sua causa. Obter informações sobre como os instrumentos de detecção funcionam, e modelar seu comportamento, pode nos tornar possível reconhecer suas falhas.

Uma boa maneira de conhecer um determinado fenômeno seria observá-lo diretamente. No entanto, isso tornaria muitas análises inviáveis ou dispendiosas. Os pesquisadores preferem considerar os erros e distorções de qualquer tipo de representação do mundo real.

## **5.2-Falhas observadas em processos de aquisição de dados ambientais**

Diversos fatores podem interferir negativamente na obtenção de imagens e informações por satélite, visto que existem inúmeros fatores meteorológicos e limitações tecnológicas que afetam a eficiência da detecção pelos sensores orbitais. De forma geral, tais limitações estão associadas ao fato de que os satélites meteorológicos internacionais não têm o monitoramento de queimadas como único propósito (SELHORST, 2003).

A extensão territorial do país e sua diversidade de cobertura vegetal demandam sistemas cada vez mais aprimorados para a detecção de focos de incêndio, pois tornam possíveis atividades de planejamento, prevenção, controle e mitigação de danos (BATISTA, 2004).

O número de variáveis envolvidas representa um desafio e os diversos erros que estão associados à apreciação desses dados, podem estar sendo induzidos inclusive, por um desinvestimento em satélites ambientais. (MUSSER, 2012). Há a necessidade de avaliar acurácia dos algoritmos de detecção (JESUS S.C, 2011). Existem erros associados aos próprios instrumentos de detecção (MIGUEL et al. 2009).

Os erros associados aos instrumentos de detecção geram dados subestimados de queimadas. Contijo et al.(2007) analisaram os focos de calor disponibilizados pelo INPE, com relação à detecção e omissão de focos de incêndio e observou que 24,74% das áreas queimadas maiores que 100 até 1000 hectares, localizadas no norte de Minas Gerais e no sul da Bahia, não foram detectadas pelos focos de calor.

Além de erros de omissão, a aquisição de dados por satélites em posições não preferenciais gera distorções nas cenas, e consequentemente, erros locais podem ser observados. Aparentemente os erros posicionais mensurados para imagens NOAA/AVHRR, têm sido compensados pela alta resolução temporal do satélite. (COUTINHO; CORNÉLIO, 2010). Problemas mecânicos nos sistemas de apontamento podem reduzir a faixa de digitalização do satélite. No caso de satélites polares, flexibilidades na amostragem angular são conseguidas por meio de altas resoluções temporais devido às restrições decorrentes de diferenças orbitais (CSISZAR; MORISETTE; GIGLIO, 2006).

O satélite NOAA é frequentemente utilizado em análises que dizem respeito à detecção de focos de incêndios. Araújo, Silva e Nascimento (2007) utilizaram dados desse satélite ao concluir que em média 80% dos alertas verdes na Amazônia estão presentes no Arco do Desflorestamento.

O uso de dados adquiridos pelo satélite NOAA 12, integrados ao banco de dados de Registro de Ocorrência de Incêndios do Prevfogo, foi considerado satisfatório para o mapeamento de maior risco de incêndios em unidades de Conservação. (CUNHA; LIMA; DIETZSCH, 2007). Deppe et al.(2007) utilizaram em parte dados fornecidos pelo sensor AVHRR/NOAA para a identificação e monitoramento de incêndios em tempo quase real

O uso de satélites é uma forma de obter acesso à atividade do fogo em larga escala temporal e espacial, que são requeridas para análise da atividade do fogo em grandes áreas da superfície da terra. (SCHOEDER; CSISZAR; MORISETTE; 2007). Provavelmente, a possibilidade de obter um volume grande de dados, em áreas extensas, durante longas séries temporais são vantagens que podem compensar os erros observáveis, as limitações das tecnologias utilizadas.

Apesar do uso frequente de informações obtidas por satélites ambientais, os estudiosos reconhecem as limitações dos mecanismos utilizados. A necessidade de ajuste de tecnologias de navegação e da importância da acurácia dessas tecnologias pode ser observada no trabalho de Pergola (2002). O autor propôs um novo esquema de navegação, que corrigiu parâmetros de inclinação, série, ordem, guinadas, mudanças de direção. O algoritmo aplicado reduziu erros.

Distorções de forma são resultantes do processo de digitalização de imagens, que estão associadas a fatores intrínsecos ao funcionamento do sensor e a parâmetros externos, como altitude, posição e curvatura da Terra. Sensores como o AVHRR e o MODIS (utilizados no estudo) funcionam como um sistema de varredura. Essa configuração de detecção e a curvatura da Terra fazem com que as dimensões dos sensores AVHRR e o MODIS aumentem, assim como o intervalo amostragem em maiores ângulos de visão zenital (ROY, 2000).

Dentre as técnicas utilizadas para corrigir distorções de forma, se destaca o processo de reamostragem, ou interpolação conhecido como “vizinho mais próximo”.

A imagem geometricamente correta é calculada pela amostragem contínua de imagens refeitas nos centros de cada imagem geometricamente corrigida. Os pixels com dimensões geometricamente corrigidas normalmente são colocados em dimensões iguais à dimensão nadir e suas posições são predefinidas em uma grade regular ( ROY, 2000).

Trabalhos que investigam e corrigem erros de localização geográfica de satélite são muito restritos. Erros de geolocalização são uma das principais causas de incerteza em dados de micro-ondas de satélites e geram sérios efeitos na calibração, validação e na recuperação de dados geofísicos obtidos por dados de satélites. (MORADI ET AL., 2013).

Algumas fontes potenciais de erros de geolocalização são ( ATKINSON; MCLELLAN, 1998):

- 1-) Diferenças horário de relógio via satélite e o Horário Universal Coordenado(UTC);
- 2-) Desalinhamentos sistemáticos do instrumentos de forma que a posição nadir não aponta para o ponto e/ou escaneamento do subsatélite não é perpendicular à direção de velocidade
- 3-) Os parâmetros de tempo que são dependentes da altitude(erros de inclinação, rotação, guinada
- 4-) Inadequação nos dados de efemérides que são usadas para predizer a posição dos satélites
- 5-) Erros dos instrumentos modelagem como ângulo de localização do instrumento

No estudo realizado por Moradi et al. (2013), foram corrigidos erros de localização geográfica observada pela Unidade avançada de Sondagem por Micro-ondas (AMSU) a bordo NOAA-15 e NOAA-19, AMSU-B a bordo de NOAA-15 e NOAA-17, e o Sondador Umidade por Micro-ondas (MHS) a bordo de NOAA-18 e NOAA-19. Atualmente, nenhuma correção de geolocalização é realizada nos instrumentos de micro-ondas a bordos dos satélites NOAA. Contudo, erros de localização podem ser fontes de viés nas medições por satélite.

Os autores utilizaram a diferença entre observações ascendentes e descendentes para quantificar erros de localização geográfica, em termos da altitude do satélite (ângulos de Euler). Dessa forma, novas coordenadas geográficas e varreduras locais de ângulos zenitais foram calculadas utilizando novas altitudes. O estudo se concentra na correção de erros de altitude do satélite, equilíbrio do horário dos satélites e desalinhamento dos sensores. Esse foi o primeiro trabalho a investigar e corrigir erros de localização geográfica de micro-ondas a partir dos satélites NOAA (MORADI ET AL., 2013).

Apesar de problemas posicionais serem bastante significativos, o maior fator que influencia o número de focos derivados do sensoriamento remoto é o efeito causado por nuvens. Devido ao fato de focos terem seus maiores valores de emissão localizados no infravermelho médio, os produtos de focos ativos exportam parte da distinção espectral como ruído (SCHOEDER; CSISZAR; MORISETTE; 2007).

A presença de nuvens espessas ao longo da atmosfera entre o sensor e o foco de incêndio irá reduzir enormemente a habilidade de detectar um foco durante uma severa atenuação de sinal emitido por suas chamas, ou por fases de fumaça emitidas durante a combustão da biomassa (SCHOEDER; CSISZAR; MORISETTE; 2007).

A extensão e capacidade de degradação das atividades humanas influenciarão a distribuição espacial e temporal dos focos. Os métodos correntes utilizados para compensar as de focos ativos não identificados devido ao obscurecimento por nuvens tendem a “presumir” o fato de que os focos ocorrem na mesma frequência em regiões de céu claro e em regiões nublada. (SCHOEDER, CSISZAR; MORISETTE; 2007).

Apesar de haver um atrativo para essa abordagem simplista, a adoção desses procedimentos torna-se uma problemática em regiões onde os focos são irregularmente distribuídos no espaço. Sob essas condições, o número de ajustes resultantes serão potencialmente influenciados pelo tamanho da célula utilizada para extrapolar a densidade de focos de incêndio em céu claro para uma área complementar coberta por nuvens (SCHOEDER, CSISZAR; MORISETTE; 2007).



O maior resultado dessa abordagem é associado ao fato de que focos em áreas sem atividade de queima poderão levar a uma superestimativa do número de focos detectados (SCHOEDER, CSISZAR; MORISETTE; 2007).

### 5.3- Características da vegetação e do clima da área de estudo

Pesquisas sobre as características dos combustíveis vegetais brasileiros são importantes no desenvolvimento de metodologias para a avaliação do risco de incêndio, é necessário aperfeiçoar o manejo ambiental por meio do estudo do comportamento do fogo em diversos ecossistemas no Brasil (BATISTA, 2004).

A região de estudo, o Distrito Federal (Figura 1), está inserido no bioma Cerrado, um tipo de Savana. Segundo Ab'Saber (2009):

O domínio fitogeográfico dos cerrados ocupa espaço territorial da ordem de 2,2 milhões de quilômetros quadrados. A fitofisionomia da vegetação é inconfundível quando comparada à das caatingas. [...] Toda a região submetida a clima tropical subsequente a duas estações: uma bastante seca, no inverno austral; outra no verão chuvoso.

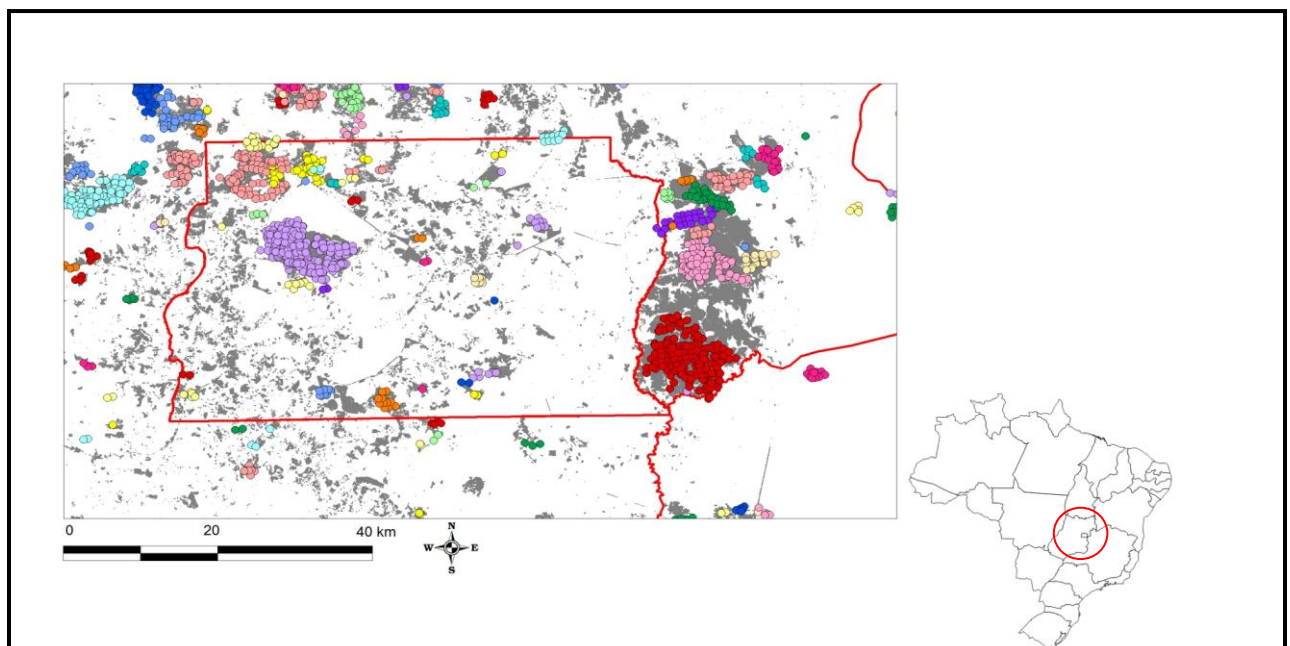


Figura 1-Aglomeração de focos de incêndio no Distrito Federal e entorno, indicando diferentes fontes de ignição.

A estação bastante seca, que ocorre durante o inverno austral é propícia à ocorrência de focos de incêndio que podem ser motivados por causas antrópicas. Incêndios desse tipo são danosos ao ecossistema envolvido e representam danos à saúde humana. No Cerrado, incêndios causados por fontes antrópicas costumam ocorrer durante a estação seca, o que não respeita o período e frequência que ocorrem naturalmente.

Os regimes de fogo são complexos e mudam em resposta às variações nas condições de combustível e do clima. No passado os seres humanos tanto iniciaram focos de incêndio, como os eliminaram (WHITLOCK; TINNER, 2010).

As queimadas naturais apresentam um papel importante no bioma, visto que o fogo regula e condiciona várias fisionomias e estabelece a dinâmica de populações de plantas que dependem do fogo no seu ciclo de vida. No entanto, incêndios antrópicos (intencionais ou acidentais) podem afetar negativamente o bioma, pois não respeitam o tempo necessário para o reestabelecimento da biomassa e nem a estação do ano que costumam ocorrer em regime natural (WALTER, 2010).

O comportamento do fogo em diversos tipos de vegetação também interfere na capacidade de detecção de um satélite. Segundo Miranda (2012), existem três fatores que são fundamentais para a ocorrência do fogo: combustível, oxigênio e fonte de ignição. Além disso, fatores como tipo de combustível e eficiência de queima devem ser considerados (informação verbal)<sup>1</sup>.

Segundo a mesma, tipo de biomassa, a fitofisionomia e época de queima definem a intensidade dos focos de incêndio. Além disso, o tipo de queimada mais comum no cerrado é de superfície, a qual não chega a atingir dossel das árvores. (MIRANDA, 2010). Esse fator pode dificultar a detecção de focos de incêndio.

O tempo de duração de uma queimada está relacionado ao tipo de vegetação em que ocorre. Geralmente, incêndios no cerrado são rápidos. Para 23 queimadas realizadas pelo Projeto Fogo em Campo Sujo, a velocidade variou entre 0,1 m/s e 1,4 m/s, valor mediano de 0,43 m/s. Para medições realizadas em formas mais fechadas, onde há interferência do microclima local, a velocidade da frente de fogo

---

<sup>1</sup> Anotações pessoais da disciplina de graduação Ecologia do Fogo no Cerrado. Universidade de Brasília, 2012.

variou entre 0,1 m/s e 0,6 m/s, com valor mediano de 0,3 m/s (MIRANDA et al., 2010).

Quando o tempo de residência de uma queimada é pequeno, isso aumenta a possibilidade do foco não ser identificado pelo satélite. Isso pode ocorrer para o bioma Cerrado, fazendo com que os satélites operem com erros de omissão, ou seja, quando uma queimada ocorre, mas ela não é identificada no banco de dados.

A frequência de incidência de focos tem relação direta com a capacidade de regeneração do ecossistema. Diversos tipos de queimadas são rápidos e de superfície, ficando o meristema da planta protegido dos impactos do fogo, o que possibilita a rebrota (MIRANDA et al., 2010). No entanto, durante um estudo realizado por Medeiros (2002), parcelas de Campo Sujo foram submetidas a queimas anuais nos anos de 1998, 1999 e 2000.

O trabalho foi realizado na Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, situada a 35 km ao sul de Brasília-DF. O intervalo de tempo observado entre uma queimada e outra não foi suficiente para o desenvolvimento de parcela significativa das rebrotas (MEDEIROS, 2002).

Mesmo que haja uma adaptação das espécies ao fogo, isso não é suficiente para a manutenção do componente lenhoso. Se os incêndios prejudiciais ao cerrado, que geralmente são provocados por causas antrópicas, estiverem presentes em frequência considerável, isso certamente afetará a capacidade de regeneração do ecossistema. (MEDEIROS, 2002). Esses fatores reforçam necessidade de controle de queimadas no Cerrado.

#### **5.4.-Resolução espacial e campo de visada instantâneo**

A resolução espacial de um sensor pode ser calculada pela projeção geométrica de uma área, definida como campo de visada instantâneo (IFOV). A dimensão de um objeto em uma área pode ser definida segundo a equação (Meneses, 2012):

$$D = H \cdot \beta \text{ Onde,}$$

$$H = \text{altura do sensor em metros} \quad \beta = \text{ângulo IFOV em miliradianos}$$

A interferência do ângulo de visada do sensor, o IFOV- *instantaneous field of view*<sup>2</sup> - está presente em diversos trabalhos, incluindo o material do IBGE de Introdução ao Processamento de Imagens (2000). O posicionamento inadequado do satélite no momento da detecção, em posições *offnadir*, faz com que uma imagem de satélite possua uma largura de cena grande, e distorções maiores nas regiões laterais da cena.

A fase de amostragem da cena descreve a posição das amostras e o intervalo de amostragem define a dimensão dos pixels de uma imagem digital relativas a algum sistema de coordenadas. Um largo campo de sensores de varredura como o AVHRR e o MODIS captam a superfície usando espelhos que rotacionam a uma taxa angular fixa em torno de um eixo paralelo ao campo de voo. Uma imagem óptica é então amostrada a uma taxa temporal constante. Essa configuração de detecção e os efeitos da curvatura da Terra fazem com que as dimensões dos sensores AVHRR e o MODIS aumentem, assim como o intervalo amostragem em maiores ângulos de visão zenital. (ROY, 2000)

Além disso, o ângulo de visada é considerado um parâmetro que interfere na geometria de iluminação da cena. O aumento do ângulo de visada reduz o contraste entre os alvos da superfície, pois há um aumento da radiância da atmosfera na superfície refletida pela superfície (NOVO, 2010).

Dessa forma, é possível afirmar que o ângulo de visada de um satélite no momento de identificação de um foco de incêndio, interfere na qualidade da aquisição dos dados, e conseqüentemente, na identificação de focos.

Em um banco de dados, o ângulo de visada de um satélite pode ser determinado a partir do horário de um registro de um incêndio. No entanto, frequentemente os horários de registro não são precisos. Essas inconsistências inspiram correções para aqueles que desejam quantificar a interferência do ângulo de visada na identificação de focos de incêndios.

As correções topológicas foram necessárias neste estudo para aumento da acurácia posicional dos dados utilizados. Além disso, é preciso resaltar que o ângulo de visada tem relação com a dimensão do pixel, implicando em distorções de forma. Trata-se de um problema geométrico relativamente complexo, visto que se trata da projeção em um plano (imagem de satélite), de uma informação que flui por

---

<sup>2</sup> Ângulo de visibilidade instantânea

um triângulo (formado pelo ângulo de visibilidade instantânea de digitalização) de uma superfície esférica, o planeta Terra (Figura 2).

Um pixel é a menor unidade de uma imagem digital. Essa unidade representa uma área da superfície da Terra (para o nosso caso específico). Cada uma dessas unidades digitais possui um valor numérico que se refere à intensidade da radiação eletromagnética da área real representada por esse pixel (IBGE, 2000).

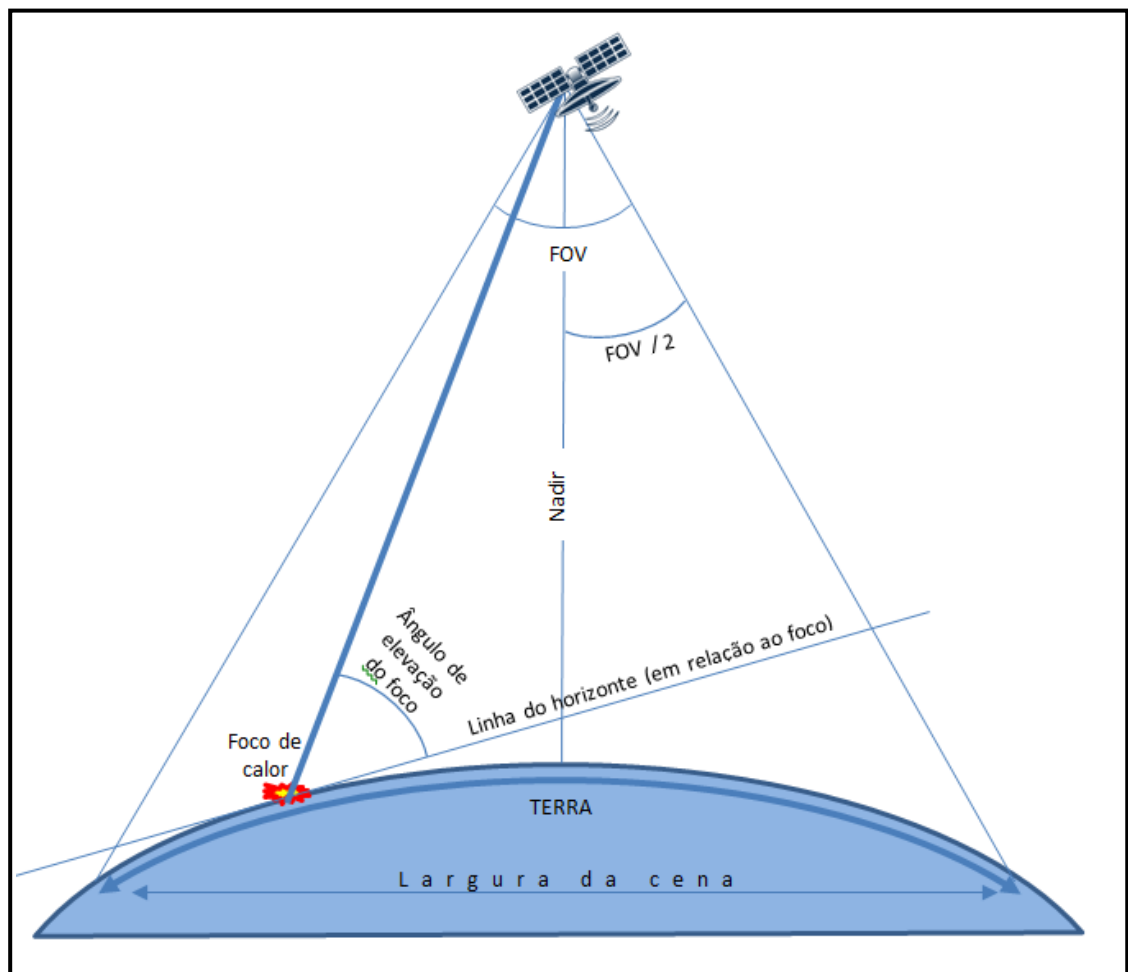


Figura 2-Indicação do ângulo de elevação do foco, o qual interfere da capacidade de identificação de um foco de incêndio por um satélite.

A dimensão de um pixel define a dimensão de um objeto real que pode ser visível em uma imagem. Teoricamente, para que um objeto seja visível, ele deve possuir no mínimo, dimensão igual à área mínima indetectável à dimensão um pixel. Por exemplo, o sensor AVHRR do satélite NOAA, possui resolução espacial de um quilômetro (IBGE, 2000). Isso significa dizer que a menor unidade digital dessa

imagem, o pixel, corresponde a uma área real de um quilômetro. Entretanto, estudiosos advertem que, por meio da experiência, é possível observar que para um objeto ser visível em uma imagem a resolução espacial nominal deve ser pelo menos metade do tamanho objeto. Além disso, é necessário considerar que o objeto deve possuir um bom contraste de reflectância com os alvos que lhe são vizinhos. (Meneses, 2012).

Essas considerações são importantes para o caso específico pois a identificação de um foco de queima depende da resolução espacial do sensor. Distorções de forma e posição afetam a operacionalidade de sistemas sensores.

### **5.5-Relações espaço-temporais e sistemas orbitais**

A resolução espacial de um satélite é definida pela capacidade de um satélite de detectar detalhes de uma determinada cena. Já a resolução temporal tem relação frequência de passagem de um satélite por um ponto, ou parâmetros de repetitividade temporal (NOVO, 2010).

O parâmetro repetitividade também pode ser definido como periodicidade. A periodicidade de um satélite costuma ser considerada apenas em posição nadir, ou seja, quando um sensor está em posição ortogonal à área imageada. Quando uma imagem é adquirida em posição fora da posição nadir, ou *offnadir*, é possível que o satélite repita o processo digitalização, o que é denominado capacidade de revisita. Isso ocorre com satélites capazes de fazer digitalizações na lateral (IBGE, 2000).

Os satélites polares (aqueles que possuem órbitas definidas, mas sujeitas à interferências) produzem uma determinada quantidade de imagens por dia, enquanto os satélites geoestacionários (aqueles que seguem o movimento de rotação da terra, ficando “fixos” a um ponto planeta) produzem algumas imagens por hora. São polares os satélites da família NOAA, cujo sensor é o AVHRR, e os satélites TERRA e AQUA, cujo sensor é o MODIS. São geoestacionários os satélites GOES-12 e MSG-2 (INPE, 2012).

Segundo Pereira (2012) o satélite geoestacionário GOES fornece dados de queimadas em alta frequência, a cada 30 minutos, enquanto o sensor MODIS (Espectro Radiômetro Imageador de Resolução Moderada), principal sensor do satélite polar TERRA e também um dos sensores do satélite polar AQUA, como

forma de comparação, obtém informações de queimadas quatro vezes ao dia. Esse padrão se repete durante anos

Durante um período de vinte e quatro horas, um satélite orbital realiza em torno de quatorze órbitas. Um nível orbital é uma forma de obter dados de Sensoriamento Remoto por meio de sensores colocados em equipamentos que orbitam a Terra. As plataformas orbitais podem ser tripuladas (espaçonaves e ônibus espaciais) e não tripuladas (satélites) (NOVO, 2010).

Diariamente, a digitalização progride na direção oeste, obtendo imagens com condições de iluminação condicionadas à posição do planeta em relação ao sol. Um satélite LANDSAT leva aproximadamente dezesseis dias para percorrer toda a superfície do planeta. Variações ocorrem, pois os satélites variam em resolução temporal, ou seja, em diversas larguras de digitalização. A resolução temporal é importante para avaliar dados dinâmicos que ocorrem no planeta, como ciclo de culturas, desmatamentos, desastres ambientais (MENESES, 2012 ).

O satélite TERRA, lançado em 1999, é considerado o primeiro satélite de observação do planeta Terra pelo programa EOS (*Earth Observing System*-Sistema de Observação da Terra). Está associado ao programa conhecido como Programa Ciência da Terra, criado em 1991 pela NASA. O objetivo desse estudo foi observar o ambiente de forma sistemática a partir de observações da atmosfera, oceanos, continentes, gelo, neve. O programa representou uma mudança de paradigmas ao propor a observação do planeta como um sistema integrado (NOVO, 2010).

Diversos satélites foram utilizados no programa EOS, dentre eles o satélite LANDSAT, AQUA, e o TRMM (*Tropical Rainfal Measuring Mission*- Missão de Medida da Chuva Tropical). O satélite LANDSAT fornece dados sobre a superfície da terra e permite a observação de mudanças de uso do solo com base nos dados dos satélites anteriores da série. O satélite AQUA possui seis sensores cujo objetivo é o conhecimento da água na superfície do planeta. O TRMM é um satélite de cooperação Japão/EUA, que permite o estudo de chuvas tropicais (NOVO, 2010).

## **6-Material e Métodos**

### **6.1- Procedimentos para análise da interferência do ângulo de visada na detecção de focos de incêndio**

As fontes de dados do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) fornecem dados de coordenadas, datas e horários dos focos de incêndio. Utilizando essa base de dados, foi possível identificar a frequência de focos detectados em uma determinada órbita. Esses dados foram classificados segundo a elevação média do satélite em relação ao solo para as órbitas determinadas. Essas coordenadas foram derivadas de análise de imagens de satélite.

A posição dos focos de incêndios por um determinado satélite no momento da digitalização está presente no banco de dados do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). No entanto, existe um erro associado a esses dados, pois a digitalização da cena não é feita em posição nadir, e o horário apresentado no banco de dados, não corresponde ao horário real de identificação do foco. Frequentemente o horário é “arredondado” (12h00min, por exemplo), indicando uma condição geral (manhã, tarde, noite), sem especificar dados exatos, com precisão de segundos, dificultando assim uma análise mais aprofundada do fenômeno.

Assim, visando corrigir esses erros de determinação da localização e horário de detecção de focos de incêndio, o prof. Carlos Henke de Oliveira, Laboratório de Ecologia Aplicada (ECOIA), desenvolveu um conjunto de scripts, baseados em modelos matemáticos, que corrigem distorções relacionadas ao posicionamento dos satélites (Figura 3). As etapas desenvolvidas podem ser acompanhadas no modelo esquemático apresentado (Figura 4).



```

433 function satellite_position($sat_number,$lat,$long,$elevacao,$timestamp)
434 {
435     ## PHP VERSION BY CARLOS HENKE DE OLIVEIRA, 2012, FEB.
436     ## ORIGINAL SOFTWARE WRITTEN BY J.R. MILLER
437     global $sat_number_global, $sat_name_global, $tle_timestamp_epoch_global, $tle_linha1
438     $LA = $lat;
439     $LO = $long;
440     $HT = $elevacao;
441     $timestamp_diferenca_em_relacao_a_consulta_anterior = $tle_timestamp_epoch_global - $
442     $timestamp_limite_em_relacao_a_consulta_anterior = 3600*48;
443     if ( ($sat_number <> $sat_number_global) or ( abs($timestamp_diferenca_em_relacao_a_c
444     {
445         $connect=mysql_connect("","","");
446         $query = "SELECT * FROM `satellites`.`lista_de_satelites` WHERE `norad_catalog_nu
447         $resultados=mysql_fetch_array(mysql_query($query));
448         $sat_name = $resultados[name];
449         if (!$resultados) {echo("<strong>UNKNOWN SATELLITE.</strong><br>");return false;
450         $query = "SELECT * FROM `satellites`.`tle` WHERE `norad_catalog_number` LIKE '$sa
451         $result = mysql_query($query);
452         $resultados=mysql_fetch_array($result);
453         if (!$resultados) {echo("<strong>THERE IS NO TLE INFORMATION FOR SATELLITE.</str
454         $tle_linha1 = $resultados[line1];
455         $tle_linha2 = $resultados[line2];
456         if ($tle_linha1 == '') {return false;}
457         $resultados2 = mysql_fetch_array($result);

```

Figura 3- Trecho de software utilizado para as correções posicionais dos focos de incêndios, mostrando a função que retorna a posição e altitude de um satélite.

Os scripts foram desenvolvidos levando-se em consideração os estudos desenvolvidos por Hoots e Roehrich, (1988) e Miller (1990). Mais especificamente, o trabalho desenvolvido por Hoots e Roehrich (1988) trata de modelos desenvolvidos para resolver questões relacionadas à posição e velocidade dos satélites utilizados dados NORAD(Comando de Defesa Aeroespacial Norte Americano).

Por outro lado, o trabalho desenvolvido por Miller (1990), consiste em um programa computacional para calcular as órbitas dos satélites, com base em dados de suas efemérides, que são conjuntos de dados que permitem conhecer a posição e velocidade do satélite, fornecendo assim, dados de movimentação diária.

O código em linguagem BASIC, originalmente desenvolvido por Miller (1990), foi adaptado para PHP, o qual possui interface com os bancos de dados SQL, a tecnologia utilizada para organizar os bancos de dados de focos de incêndio do Laboratório de Ecologia Aplicada da UnB.

Assim, os dados de posição de focos foram recalculados levando-se em consideração o horário e a posição da digitalização por meio de um script de rastreamento no qual o tempo exato da obtenção da imagem corresponde a um instante do trânsito do satélite (transição entre hemisférios da abóboda celeste), mas especificamente quando esse atinge o máximo de sua elevação para uma dada órbita. Os dados de efemérides dos satélites foram obtidos do NORAD-TLE<sup>3</sup>.

A denominação TLE, é um formato específico do NORAD, que utiliza elementos de texto de duas linhas para fornecer informações das órbitas dos satélites. Os dados de efemérides são calculados uma ou duas vezes ao dia. Um modelo é utilizado para definir a propagação durante o dia, e no dia seguinte, ou mesmo uma regressão pode ser feita, desde que o período não se estenda por mais de vinte quatro horas, quando o modelo não pode mais ser utilizado. ( POE; CONWAY, 1990).

O modelo de propagação considera vetores de velocidade. Predições orbitais acuradas são obtidas por meio de um Perturbador Geral Simplificado (SGP)(HOOTS, 1980). Esses modelos consideram interferências resultantes do arraste atmosférico, fluxos solares e efeitos gravitacionais de corpos celestes como o sol e a lua (VALLADO ET AL., 2006).

No trabalho desenvolvido, Hoots e Roehrich(1980) afirmam:

“Os dados gerados pelo NORAD podem ser utilizados para prever a posição e velocidade de objetos orbitando a Terra. Para que isso possa ser feito a predição do método o deve ser cuidadosa e compatível com o modo em que cada elemento é gerado. [...]. A partir dessas informações um usuário será capaz de fazer previsões com os satélites que são completamente compatíveis com as previsões NORAD” (p.0)

---

<sup>3</sup>Comando de Defesa Aeroespacial Norte Americano- Elemento de Duas Linhas

Utilizando a base de dados NORAD TLE, foi possível obter atualizações automáticas diárias dessas efemérides, e produzir um modelo de posição e direção dos satélites. A partir desses dados, é possível prever, por alguns dias, a posição exata do satélite avaliado. Além de projeções, regressões também podem ser feitas para determinar a posição do satélite em dias anteriores.

Uma vez encontrado o dado exato de posição e horário do satélite, foi possível proceder a ortorretificação do dado, não apenas no centro do pixel, bem como em cada um de seus vértices. A imagem do satélite não considera a altura do relevo, registrando a imagem como se fosse uma superfície plana ou como se estivesse ao nível do mar. A varredura é determinada no momento do trânsito do satélite, sua elevação e dezenas de outros parâmetros inclusive, direção e elevação, que foram usados para a ortorretificação.

Moradi et al. (2013) , também utilizaram dados de efemérides fornecidos pelo NORAD. Eles corrigiram erros de localização geográfica de micro-ondas a partir dos satélites NOAA.

## **6.2- Procedimentos para análise da interferência da nebulosidade na detecção de focos de incêndio**

Dados de radiação horária fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para estações meteorológicas automáticas de Brasília (Estação A001) foram utilizados para formar um banco de dados meteorológicos do Laboratório Ecologia Aplicada (ECO/UnB). A razão entre radiação medida (radiação observada na estação) e radiação modelada para céu claro do modelo desenvolvido por Bird e Hulstrom (1981), razão esta que representa a transmitância atmosférica, foi considerada um indicador de nebulosidade:

$$transmitância\ atmosférica = \frac{radiação\ medida(\frac{kJoules}{m^2}/hora)}{radiação\ modelada(\frac{kJoules}{m^2}/hora)}$$

O modelo de Bird e Hulstrom(1981) pode ser executado no site do ECOAem:[http://ecoa.unb.br/sundial/tabua\\_de\\_radiacao\\_no\\_periodo.php](http://ecoa.unb.br/sundial/tabua_de_radiacao_no_periodo.php)

Destaca-se que a escolha pelo modelo de Bird e Hultrom (1981) se deve ao fato de que esse leva em consideração parâmetros como a constante solar, o ângulo zenital, a pressão da superfície, o albedo, o vapor d'água precipitável e o ozônio total presente, representando um modelo bastante confiável para a determinação da radiação solar num local desprovido de cobertura de nuvens.

Os autores consideram que as características de um bom modelo são: a simplicidade, a acurácia e sua aplicabilidade em avaliar parâmetros meteorológicos. Eles também consideram que a palavra "rigoroso" não significa representar fielmente a realidade. A representatividade de um resultado depende do modelo atmosférico, da medição dos parâmetros atmosféricos, dos métodos matemáticos, e de outros parâmetros estão relacionados com a situação real. (BIRD; HULTROM, 1981)

A transmitância estimada desta forma é válida para a faixa espectral do visível, onde operam o sensor da estação meteorológicas do INMET e o Modelo de Bird e Hulstrom (1981). O presente estudo tem como pressuposto que as propriedades das nuvens ou outros fatores que interfiram na transmitância, também são responsáveis pela atenuação de radiação na faixa do infravermelho termal, a qual é utilizada para a detecção de focos de calor das queimadas. Adicionalmente, considera que a intensidade desta atenuação seja análoga para ambas as faixas.

### **6.3- Satélites utilizados e período de aquisição dos dados**

Os dados disponíveis são de:

2002 a 2011 para o satélite AQUA; 2002 e 2003 para o satélite GOES-08; 2007 a 2009 para o satélite GOES-10 ; 2003 a 2011 para o satélite GOES-12 ; 2007 a 2011 para o satélite METEOSAT-02; 2003 a 2011 para o satélite NOAA-16 ; 2003, 2004, 2008, 2010, 2011 para o satélite NOAA-16N; 2005 a 2010 para o satélite NOAA-17; 2001 a 2012 para o satélite TERRA M-M, de 2000 a 2011 para o satélite TERRA M-T, de 2002 a 2011 para o satélite TERRA-M , de 2002 a 2011 para o satélite TERRA T.

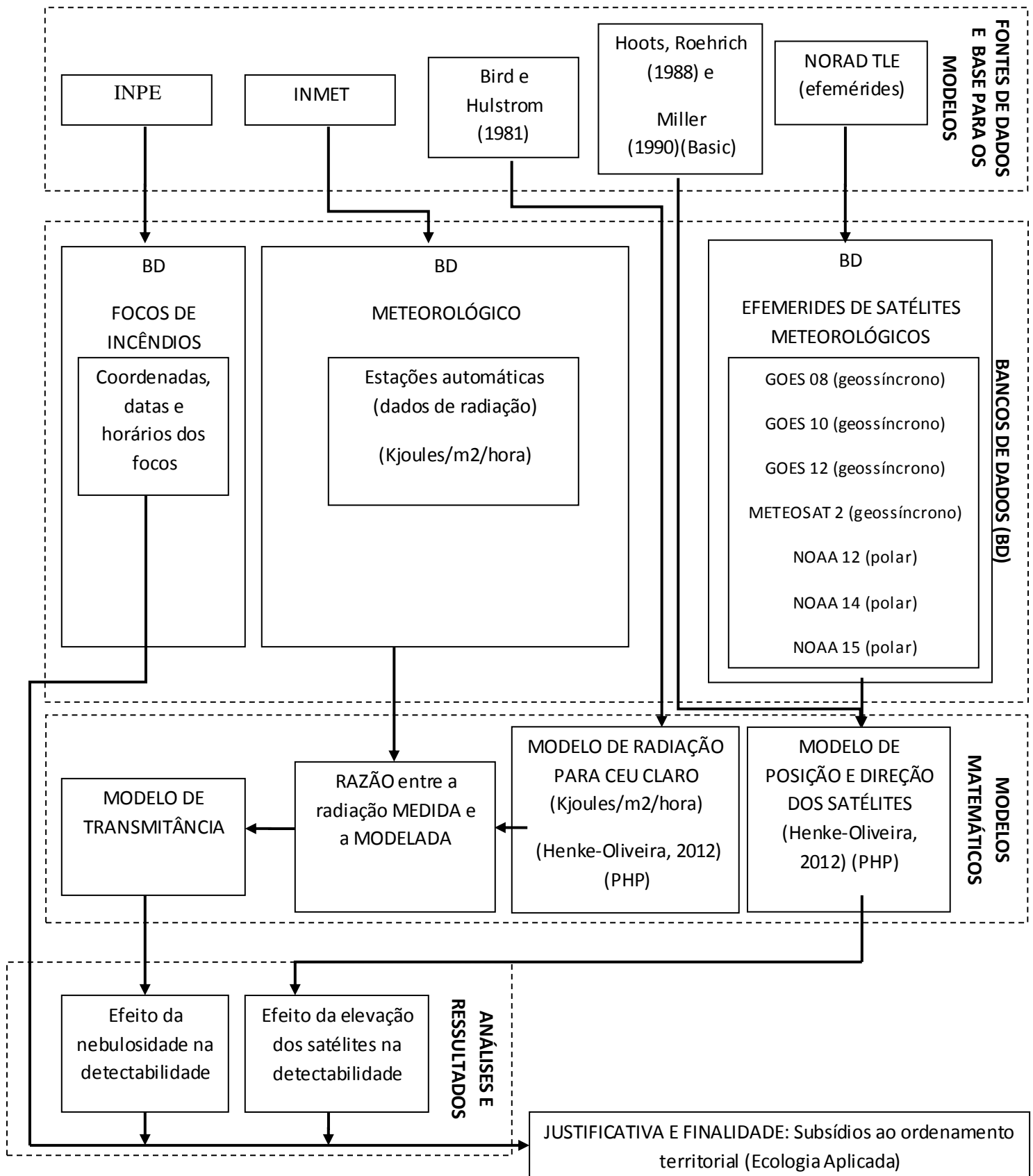


Figura 4: Modelo esquemático de procedimentos

## 7- Resultados Alcançados/Discussão

### 7.1-Avaliação da interferência do ângulo de visada na detecção de focos de incêndio

O ângulo de visada de satélite tem relação direta com a capacidade de detecção de alvos determinados. A visada fora do ângulo nadir representa alterações na resposta espectral dos alvos. (XAVIER; GALVÃO, 2003).

O ângulo de visada de um satélite tem relação com a largura da faixa imageada pelo sensor (FOV), a dimensão do campo projetada sobre uma superfície esférica (IFOV) e a posição do satélite em relação ao foco de queima. Os diversos satélites utilizados no estudo variam em relação à largura da faixa imageada, o que altera a dimensão projetada (Tabela 1).

Tabela 1: Tamanho da cena e Abertura do Campo (FOV) dos satélites utilizados no estudo.

Nome	Largura da cena (km)	Comprimento da Cena (km)	FOV (Largura da faixa imageada pelo sensor, <i>Field of View</i> , Graus)
AQUA_M-M	2330	40000	110.144
AQUA_M-T	2330	40000	110.144
AQUA-M	2330	40000	110.144
AQUA-T	2330	40000	110.144
GOES-08 (geoestacionário)	20000	20000	17.184
GOES-10 (geoestacionário)	20000	20000	17.1813
GOES-12 (geoestacionário)	20000	20000	17.1801
METEOSAT-02 ( geoestacionário)	40000	40000	17.1779
NOAA-12	2399	6400	104.419
NOAA-12D	2399	6400	104.83
NOAA-14	2399	6400	102.025
NOAA-15	2399	6400	104.411
NOAA-15D	2399	6400	104.866
NOAA-16	2399	6400	101.969
NOAA-16N	2399	6400	102.2
NOAA-17	2399	6400	104.338
NOAA-18	2399	6400	101.69
NOAA-18D	2399	6400	101.966

NOAA-19	2399	6400	101.884
NOAA-19D	2399	6400	101.476
TERRA_M-M	2330	40000	110.145
TERRA_M-T	2330	40000	110.145
TERRA-M	2330	40000	110.145
TERRA-T	2330	40000	110.145
NOAA-11	2399	6400	102.186
GOES-13 (geoestacionário)	20000	20000	17.1807
TRMM	833	833	90.4655
ATSR	512	512	36.4226

Fonte: Banco de Dados do Laboratório de Ecologia Aplicada/UnB. Em vermelho, satélites geoestacionários

Os satélites utilizados podem produzir imagens com grande ângulo de abertura de cena (FOV), frequentemente acima de 100 graus. À rigor, considerando que o centro da cena está no nadir, o ângulo digitalização de um pixel à borda da imagem deve estar em torno de 50% do IFOV, pois o valor do IFOV se refere às duas metades da imagem (à esquerda e à direita do eixo de nadir). Assim, por exemplo, um satélite da família NOAA, AQUA ou TERRA podem ter elementos digitalizados com ângulos em torno de 51 a 55 graus, (IFOV entre 102 e 110 graus) a partir do nadir, ou seja, a digitalização do objeto ocorre em condições de baixa inclinação.<sup>4</sup> O efeito do ângulo de visada dos satélites na detectabilidade de focos de incêndios é explorado nas figuras de Figuras de 4 a 11.

Considerando o largo período de aquisição dos focos, é possível observar o padrão de detecção dos satélites. Nas figuras de 5 a 7, é possível observar que a elevação média das órbitas dos satélites não está em posição nadir. Todavia, nas figuras seguintes, é possível observar que a elevação dos satélites afeta a capacidade de detecção dos focos, sendo maior parte deles identificados em posições próximas ao nadir.

---

<sup>4</sup> Note que um objeto imageado no canto de uma cena é caracterizado por formar um ângulo de alta inclinação entre a reta que liga o objeto ao satélite e a reta que liga o satélite à sua projeção ortogonal à Terra (nadir). Contudo, tomando-se como referencia o local da Terra onde se encontra tal objeto, a elevação do satélite é dita baixa, ou seja, o satélite localiza-se em posição próxima à linha do horizonte. Assim, a elevação é tomada o objeto em relação ao satélite, sendo que zero graus corresponde à linha do horizonte.

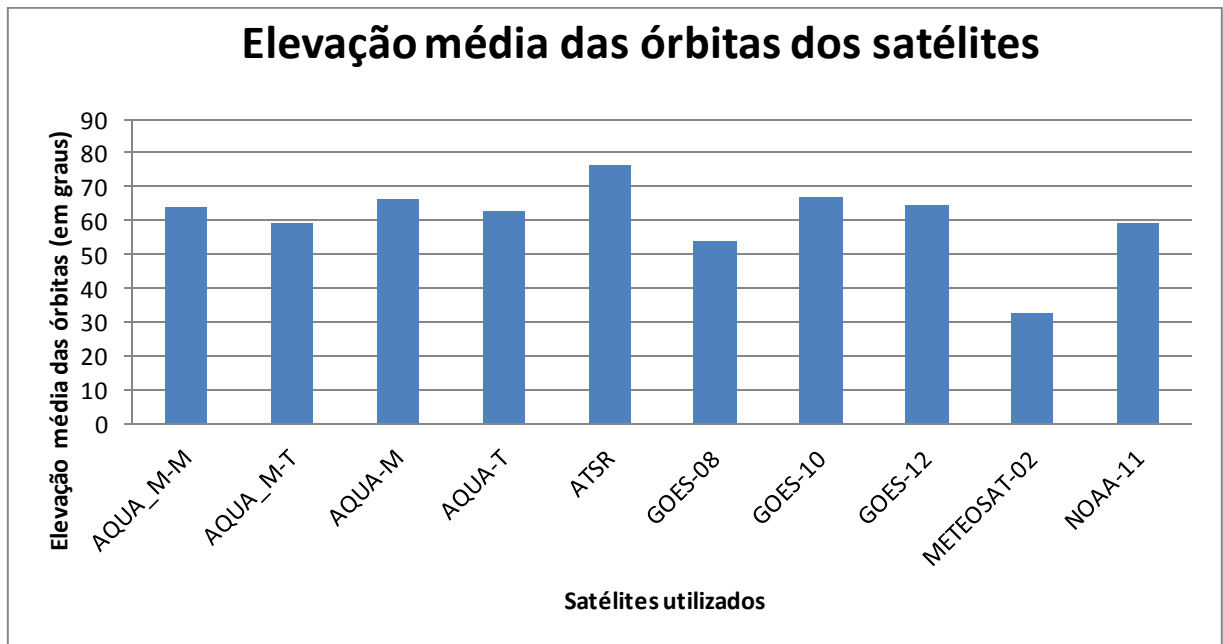


Figura 5: Elevação média das órbitas dos satélites utilizados no momento de detecção dos focos de incêndio

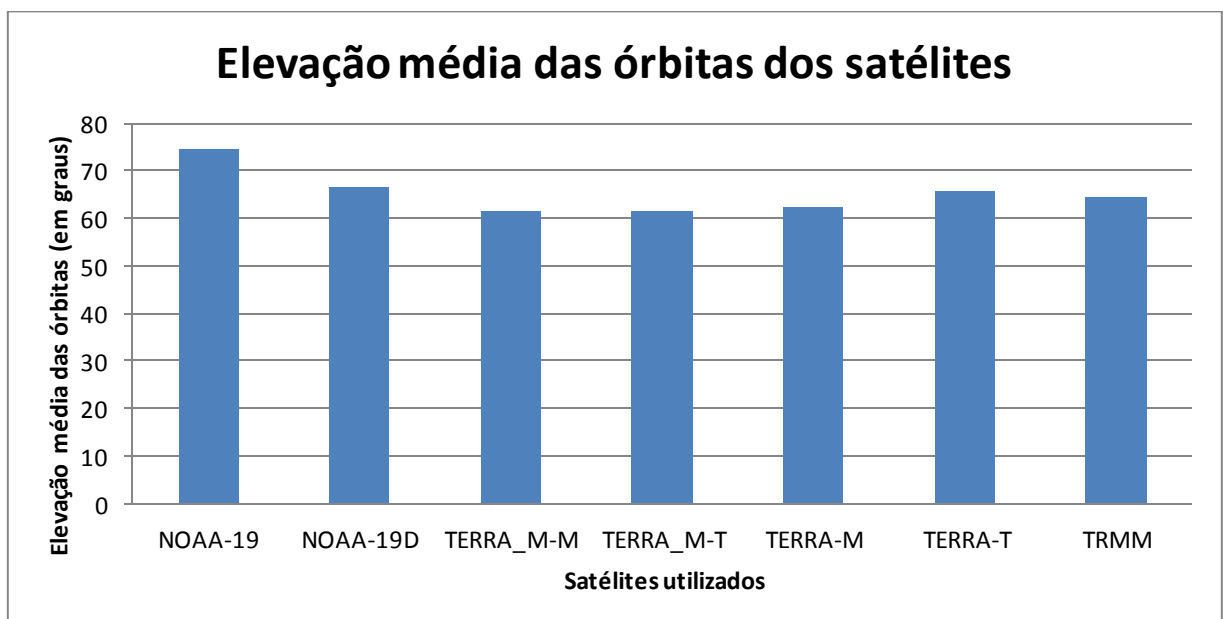


Figura 6: Elevação média das órbitas dos satélites utilizados no momento de detecção dos focos de incêndio



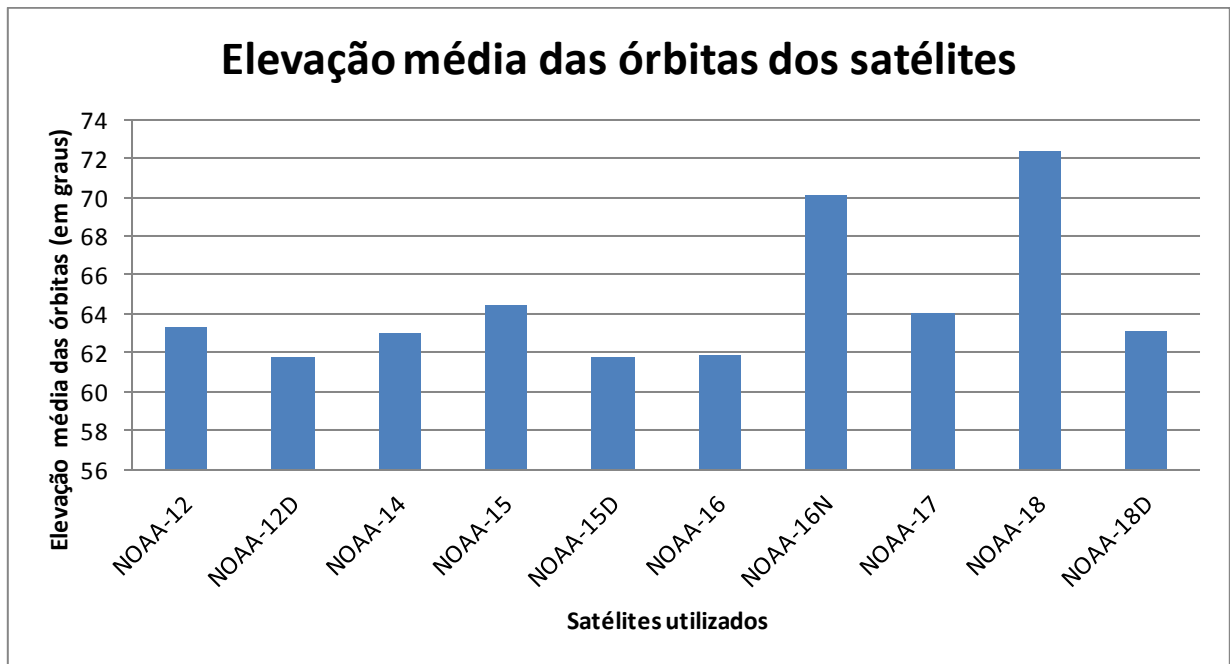


Figura 7: Elevação média das órbitas dos satélites utilizados no momento de detecção dos focos de incêndio

No caso do satélite ERS 2 (Figura 8), aproximadamente 80% dos focos foram identificados em classe de elevação média da órbita variando entre 80° e 90°. Os satélites AQUA (Figura 9), NOAA 16(Figura 10), TERRA (Figura 11) detectam aproximadamente 70% de focos de incêndio em classe de elevação média variando entre 80° e 90°.

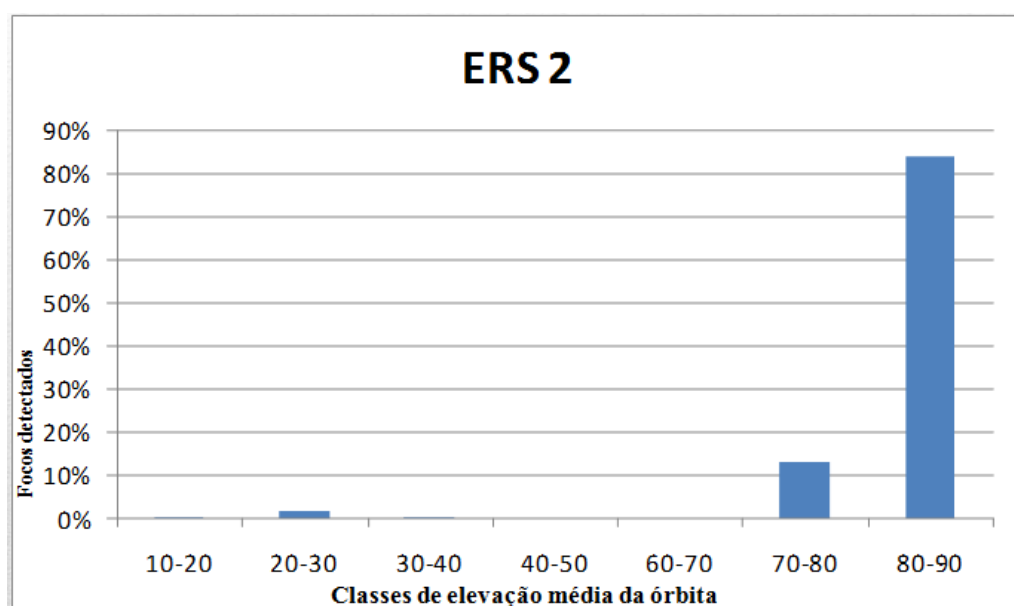


Figura 8-Classes de elevação média da órbita do satélite ERS 2 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

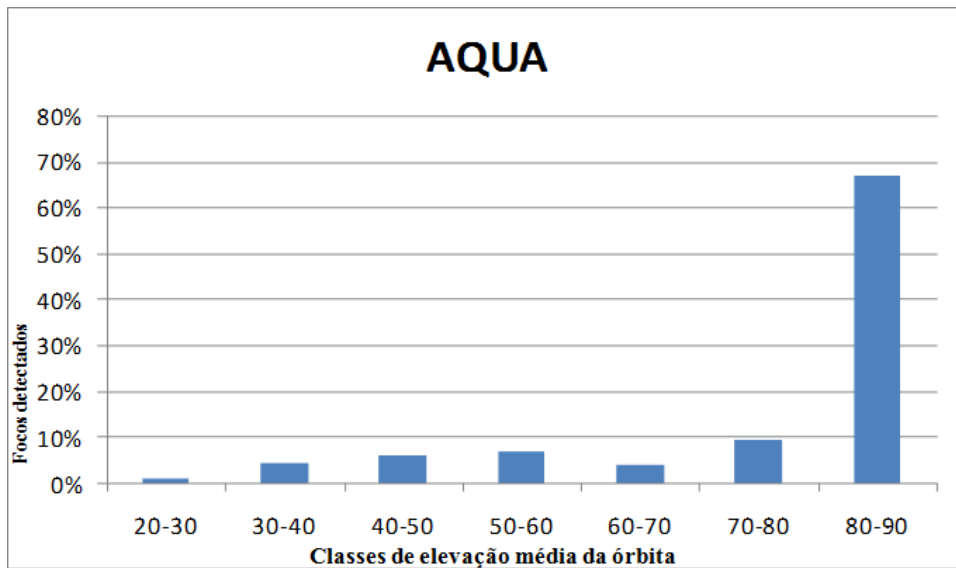


Figura 9-Classes de elevação média da órbita do satélite AQUA em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

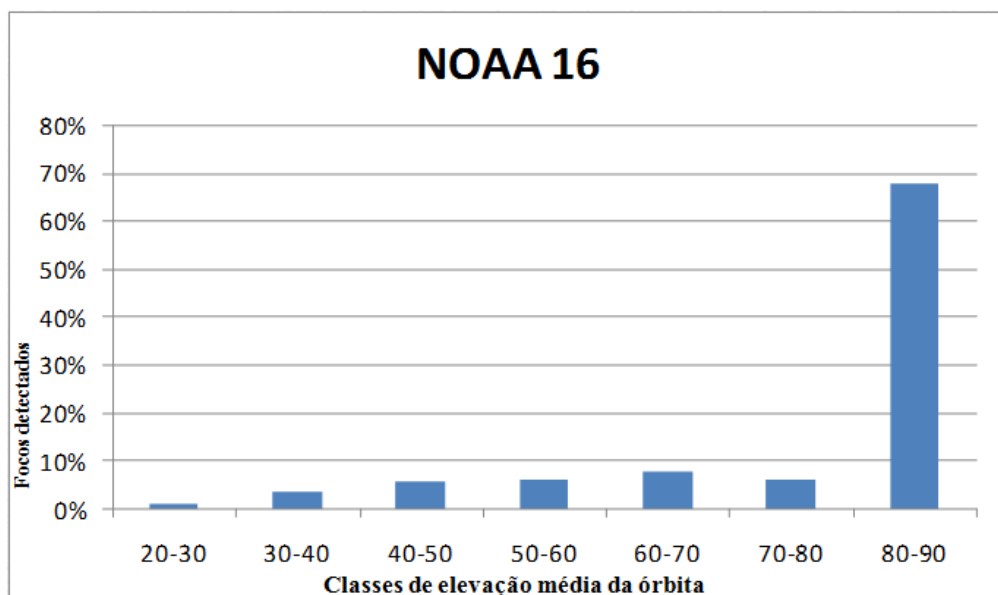


Figura 10-Classes de elevação média da órbita do satélite NOAA 16 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

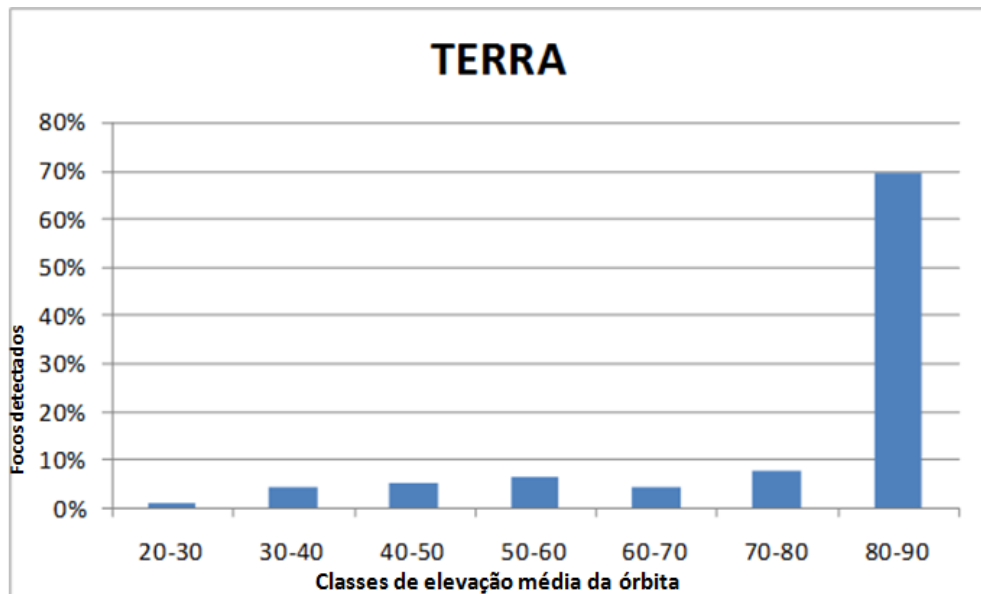


Figura 11-Classes de elevação média da órbita do satélite TERRA em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

Aproximadamente 65% dos focos detectados pelo satélite, NOAA 17(Figura 10) ocorreu em classe de elevação média variando entre 80° e 90°. Por outro lado, em ângulos de visada maiores, ou seja, quando a passagem é baixa, e, conseqüentemente, como digitalizações tipicamente oblíquas, as detecções são inferiores a 10%. (Figuras de 8 a 12)

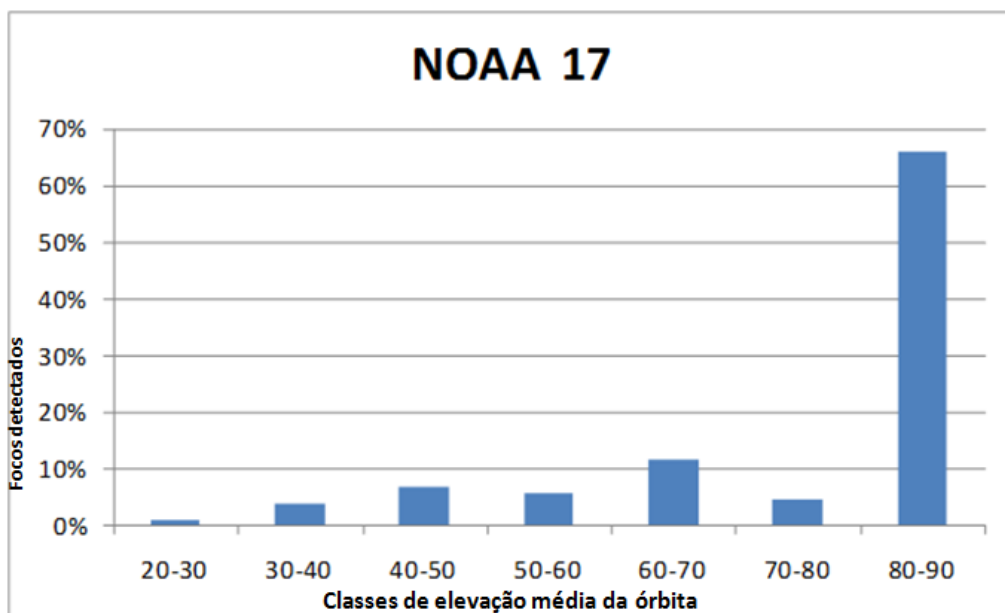


Figura 12-Classes de elevação média da órbita do satélite NOAA17 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

Considerando que a análise se refere a inclinações de satélites segundo orbitas definidas, afirmações sobre o efeito do ângulo de visada na detectabilidade dos focos não podem ser feitas para os satélites geoestacionários.

Apesar do nome, os satélites geoestacionários não ocupam necessariamente posições exatamente fixas. Isso pode ser observado para os satélites GOES 10(Figura 14), cujos ângulos de visada variaram em classes de  $60^\circ$  a  $70^\circ$  e em classes de  $70^\circ$  a  $80^\circ$  e GOES 12(Figura 15), cujos ângulos de visada variaram em classes de  $50^\circ$  a  $60^\circ$  e em classes de  $60^\circ$  a  $70^\circ$ . No entanto, tais valores de ângulos, praticamente fixos, ou constantes, validam o método de cálculo de posição, ou ângulo de visada dos satélites, anteriormente realizado.

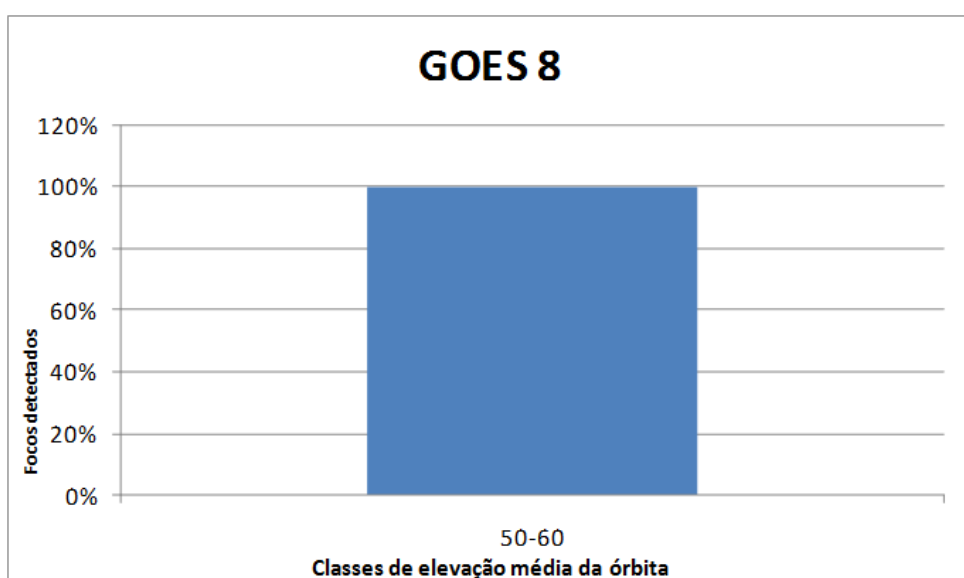


Figura 13-Classes de elevação média da órbita do satélite GOES 8 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

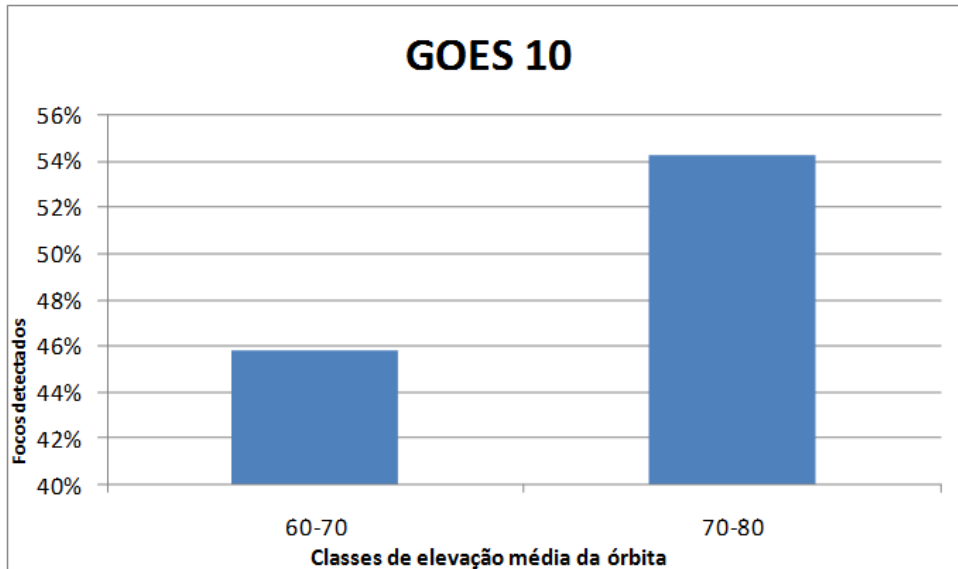


Figura 14-Classes de elevação média da órbita do satélite GOES 10 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

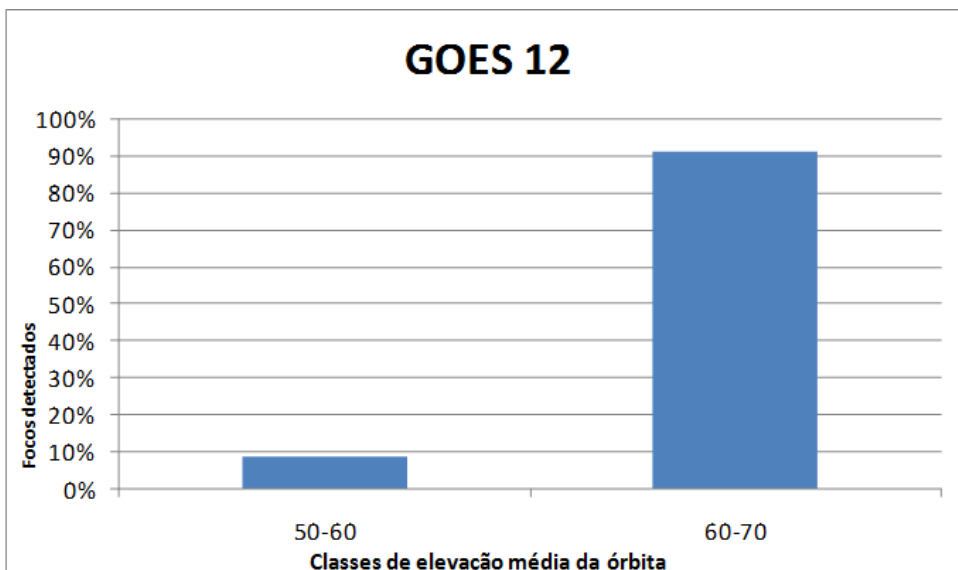


Figura 15-Classes de elevação média da órbita do satélite GOES 12 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

O ângulo de passagem (ou ângulo da órbita), apresenta efeitos na detectabilidade dos focos para satélites polares. Quanto maior a inclinação de um satélite polar, quando mais próximo o satélite está em posição nadir, que é a posição em que o satélite está perpendicular ao solo, ou seja, cujo ângulo é  $90^\circ$ , maior a capacidade do satélite em detectar focos de incêndio.

Maiers et. al (2013), realizaram um estudo na região de savana do norte da Austrália, e seus resultados são válidos para outros territórios de savana no mundo.

Os autores esperaram um aumento no limiar de detecção com aumento do ângulo de visão, em posições próximas ao nadir, embora não haja um relatório explícito na literatura. Existe uma variabilidade no tamanho mínimo do fogo dependendo do ângulo de visão e temperatura do fogo. Os resultados indicaram que muitos incêndios menores não podem ser detectados pelo algoritmo de detecção MODIS. Este sensor fornece cobertura global diária quase completa. Grandes ângulos de visão (aproximadamente 65° para o MODIS), afetam a taxa de detecção geral.

O estudo não distingue incêndios que ocorrem na zona urbana, daqueles que ocorrem em regiões naturais, pois considera que o principal finalidade do trabalho é avaliar os instrumentos de detecção, e não os impactos do fogo em ambiente natural.

## **7.2-Avaliação da interferência da nebulosidade na detecção de focos de incêndio**

A nebulosidade é fator importante para a detecção dos eventos de incêndio. Parcela significativa dos focos de incêndios somente é identificada quando não há nebulosidade, ou quando esses valores são mínimos, ou seja, parcela considerável dos focos de incêndio somente pode ser identificada em condições de praticamente céu claro, com transmitância atmosférica variando entre 90% e 100% (Figuras de 9 a 12 e 16 a 21). Aproximadamente entre 80 % e 90% dos focos detectados para os satélites, AQUA (Figura 16), ERS 2 (Figura 17) NOAA 15 (Figura 18) NOAA 16(Figura 19),NOAA 17(Figura 20) e TERRA (Figura 21) foram identificados em classe de transmitância atmosférica média variando entre 90% e 100%.

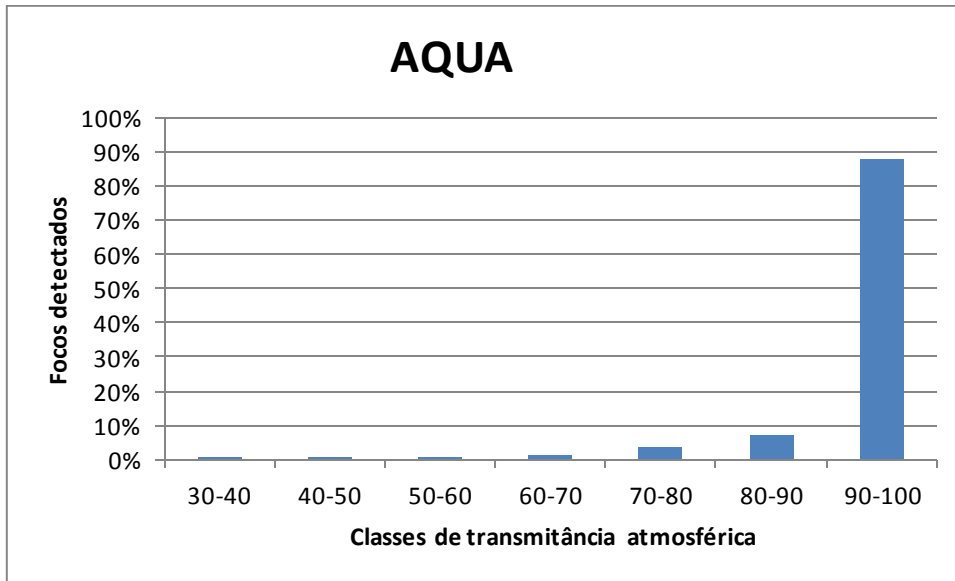


Figura16- Classes de transmitância atmosférica média da órbita do satélite AQUA em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

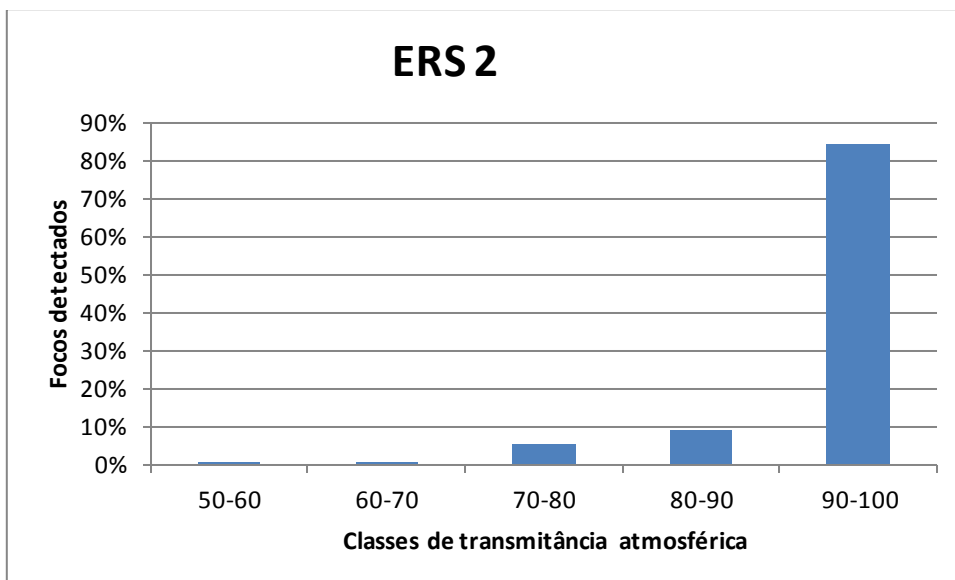


Figura 17- Classes de elevação média da órbita do satélite ERS 2 em função da frequência relativa de focos de incêndio identificados.

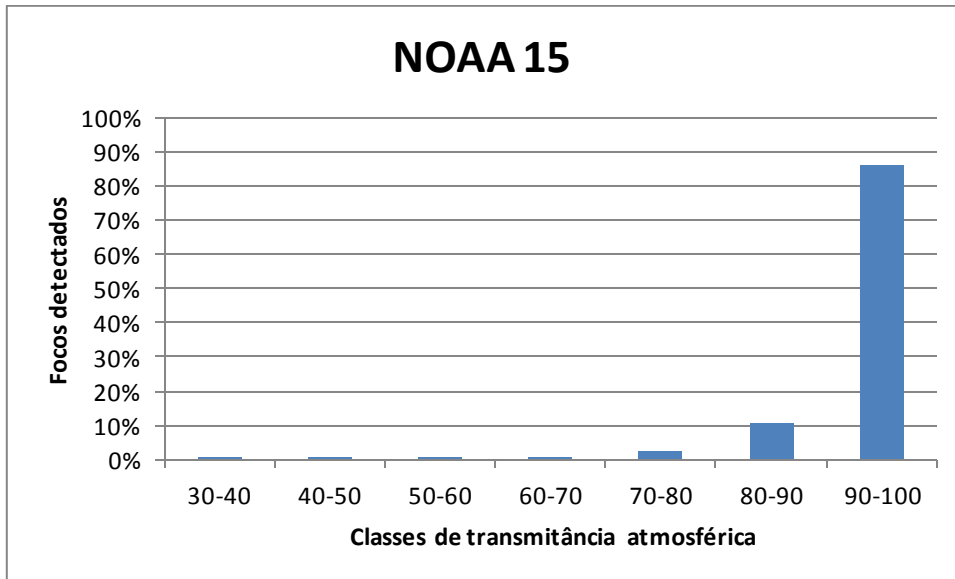


Figura 18- Classes de elevação média da órbita do satélite NOAA15 em função da frequência relativa de focos de incêndio identificados

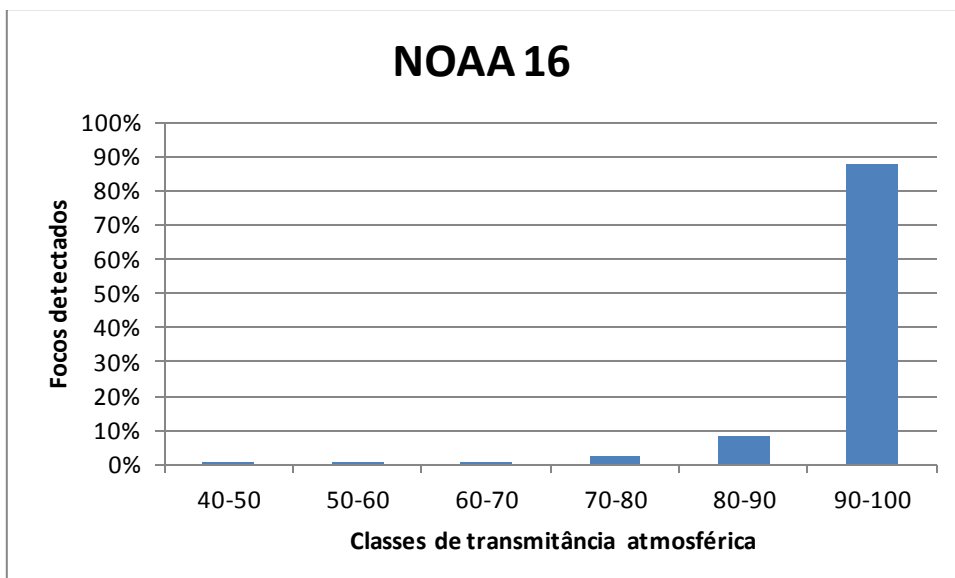


Figura19- Classes de elevação média da órbita do satélite NOAA16 em função da frequência relativa de focos de incêndio identificados.



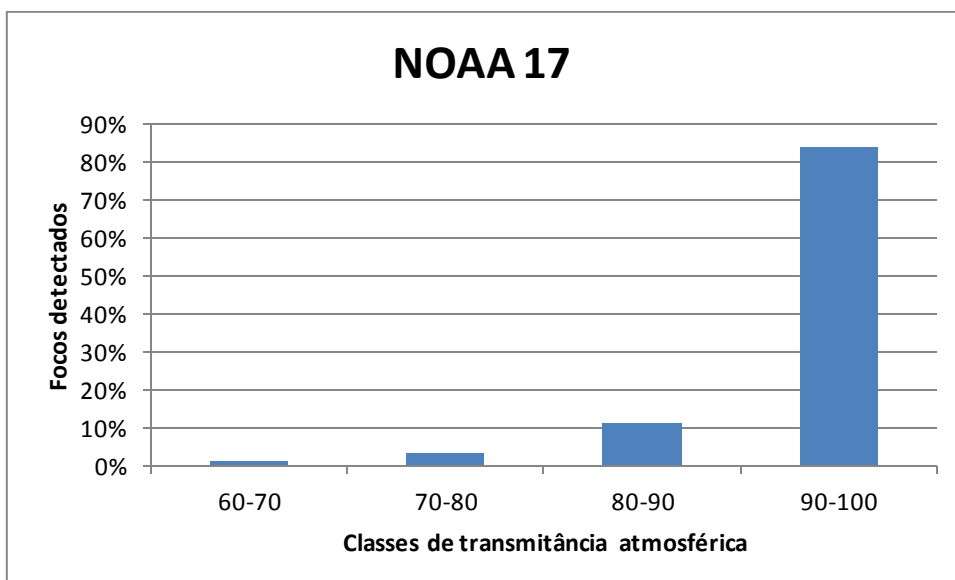


Figura 20- Classes de elevação média da órbita do satélite NOAA17 em função da frequência relativa de focos de incêndio identificados.

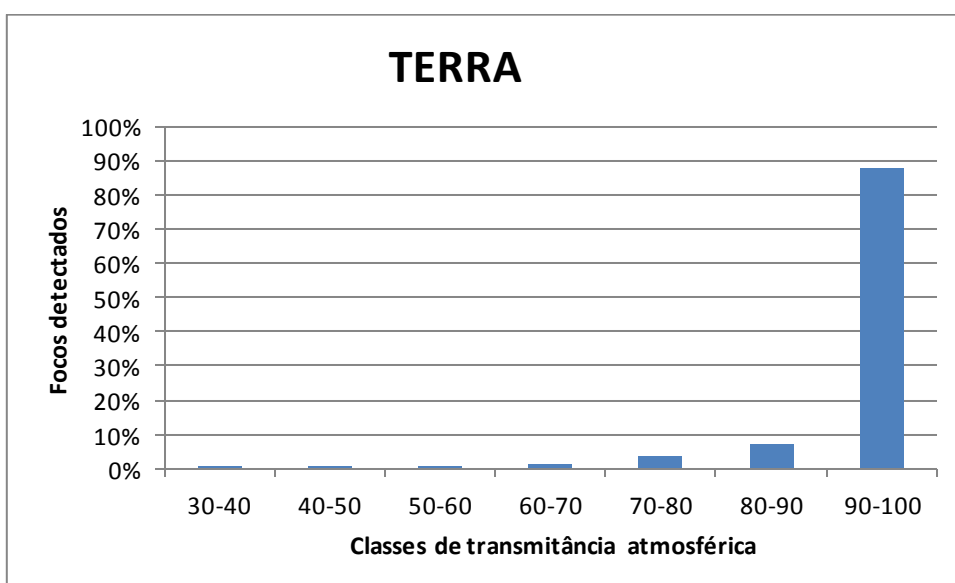


Figura 21- Classes de elevação média da órbita do satélite TERRA em função da frequência relativa de focos de incêndio identificados

No caso dos satélites geoestacionários GOES, a maior parte dos focos de incêndios foi identificada com transmitância variando entre 80% e 90%. Aproximadamente 55% dos focos detectados para o satélite GOES 10(Figura 22) foram identificados em classe de transmitância atmosférica variando entre 80% e 90%. Aproximadamente 30% dos focos detectados para o satélite GOES 10(Figura 22) foram identificados para classe de transmitância atmosférica variado entre 90%

e 100%. No caso do satélite GOES 12(Figura 23), aproximadamente 65% dos focos foram identificados em classe de transmitância variando entre 80% e 90%. Outros 30% dos focos somente foram identificados em classe de transmitância variando entre 90% e 100%, ou seja, em condições de máxima luminosidade.

As informações obtidas com relação a distorções na localização de focos de incêndio, e resultados para nebulosidade e ângulo de visada podem ser aplicados às diversas regiões, não somente ao bioma Cerrado.

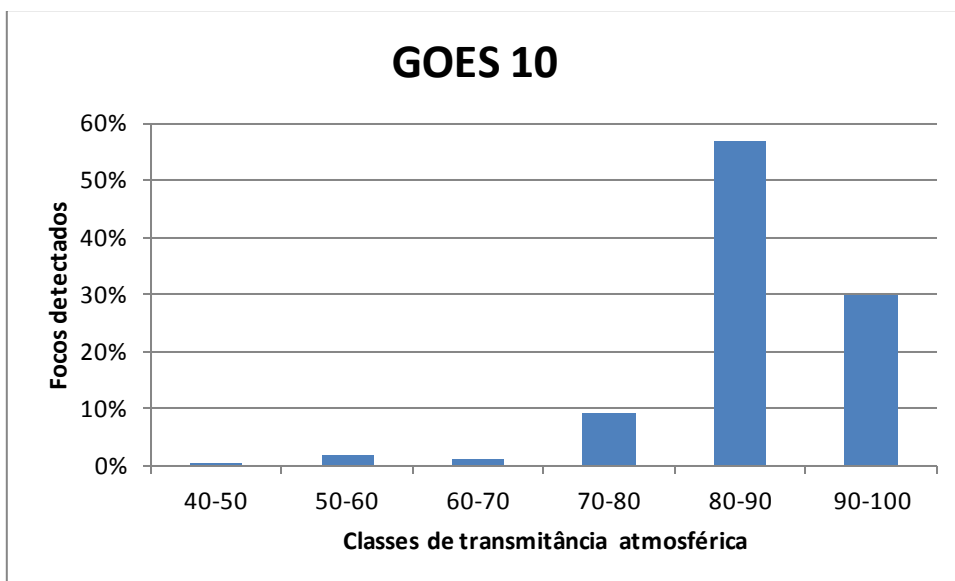


Figura 22- Classes de transmitância atmosférica média da órbita do satélite GOES 10 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

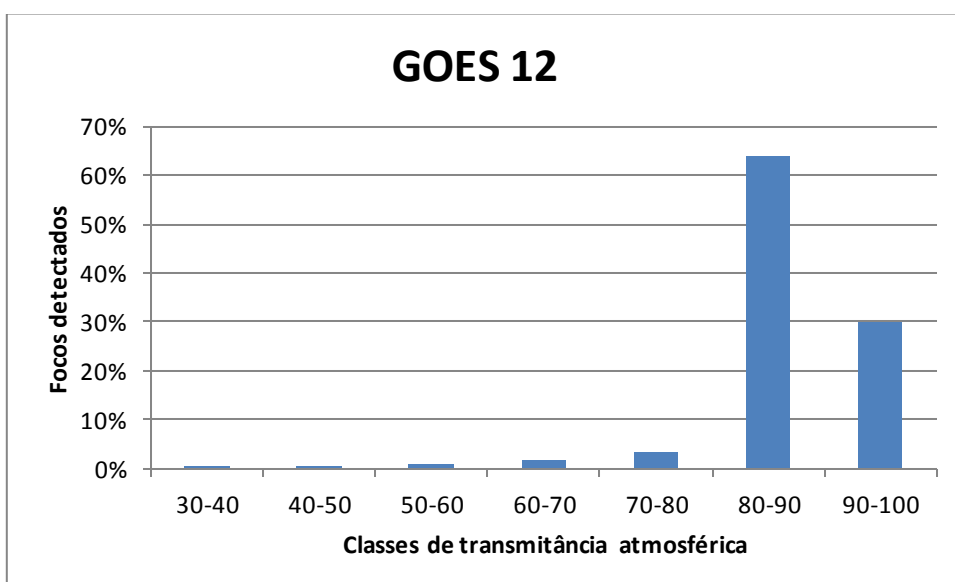


Figura 23- Classes de transmitância atmosférica média da órbita do satélite GOES 12 em função da frequência relativa de focos de incêndios identificados

Conforme demonstrado anteriormente, os satélites detectam prioritariamente focos de incêndio em condições de céu claro, com índices de transmitância atmosférica próximos a um, ou a cem por cento.

Durante estações chuvosas, devido à presença de nebulosidade, os satélites detectam prioritariamente focos em condições de baixa transmitância atmosférica. (Figura 24). Uma redução de aproximadamente 90% da capacidade de detecção de focos de incêndios durante a estação chuvosa se deve provavelmente à redução de focos de incêndio causados por fontes antrópicas e prevalência de focos de origem natural, que ocorrem em menor frequência, além da presença de nuvens, que afeta a operacionalidade dos satélites. (Figuras 24 e 25)

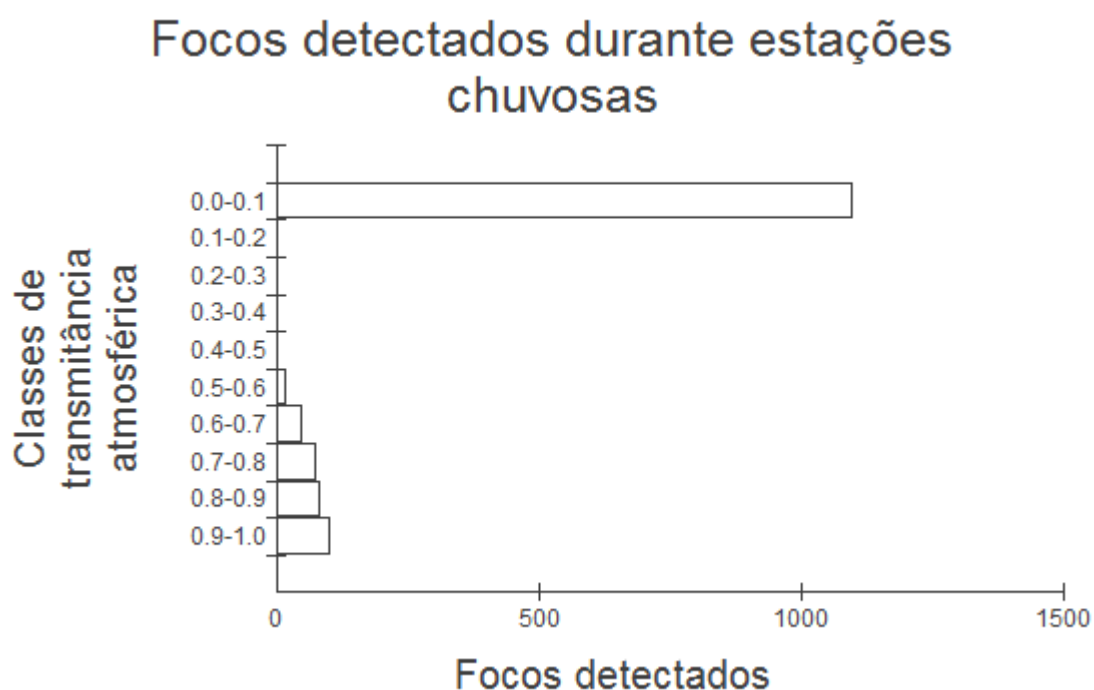


Figura 24- Focos detectados em valores absolutos para todos os satélites utilizados durante no estudo. O período de detecção variou de 1992 a 2011. Os meses variaram de novembro a abril

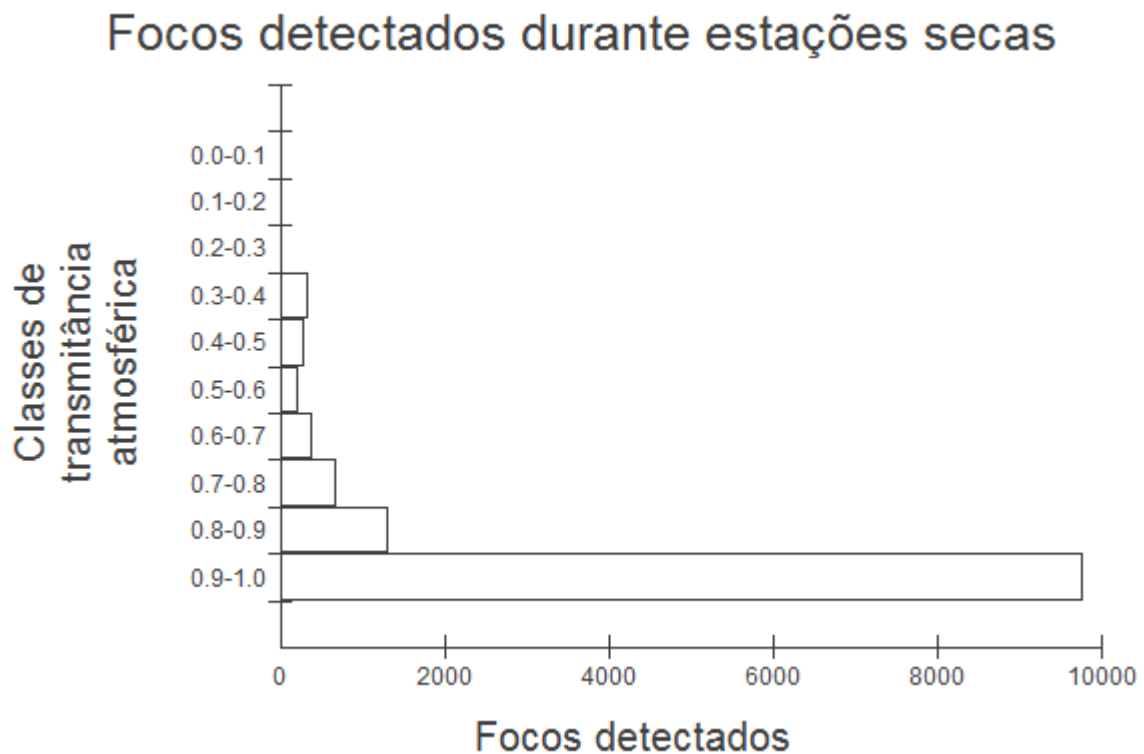


Figura 25- Focos detectados em valores absolutos para todos os satélites utilizados durante o estudo, O período de detecção variou de 1992 a 2011. Os meses variaram de junho a setembro

A medição de rotina de energia solar difusa no céu e a radiação global total geralmente é medida por uma agência nacional de meteorologia. Erros podem ser encontrados na medição de radiação durante o dia. A precisão de um trabalho de modelagem nunca pode ser superior ao trabalho de medição. No entanto, os modelos desenvolvidos atualmente são muito próximos aos dados medidos. (MUNEER, 2004)

Os resultados apresentados se referem exclusivamente à transmitância atmosférica. A transmitância atmosférica está relacionada à radiação incidente, enquanto a nebulosidade diz respeito a componentes atmosféricos que impedem a passagem de luz, como nuvens e aerossóis. Condições de nebulosidade não bloqueiam totalmente a passagem de luz. Mesmo que em uma situação hipotética a nebulosidade seja 100%, isso não significa dizer que transmitância é nula. Estudos adicionais devem ser realizados para avaliar a influência da nebulosidade na detectabilidade de focos de incêndio.

## 8-Conclusão

A partir de uma base de dados com problemas posicionais corrigidos, e com dados adicionais de transmitância atmosférica, foi possível analisar a influência do ângulo de visada dos satélites e da nebulosidade na detectabilidade dos focos de incêndio.

Os resultados podem ser considerados confiáveis devido ao amplo período de aquisição de dados (02/06/1992 a 25/12/2011), e ao grande número de satélites utilizados, dezesseis, incluindo satélites NOAA (11 a 19), GOES (08,10 e 12), AQUA, TERRA, METEOSAT-02, ERS 2 e TRMM.

Durante quase duas décadas aquisição de dados, dos satélites que transitaram sobre o Distrito Federal, mais de 60% dos focos são identificados em posição nadir, o que seria a localização de trânsito de satélite preferencial. Assim, é possível afirmar que uma análise que leve apenas em consideração focos de incêndio registrados por satélite são subestimadas para o Distrito Federal. Ou seja, uma quantidade maior de incêndios pode ocorrer, que um satélite seria capaz de detectar.

Os resultados obtidos para esta região poderiam ser estendidos para outras regiões, já que os satélites transitam por todo o planeta. Os aspectos observados podem levar a questionamentos sobre a eficácia da tecnologia, considerando os altos custos envolvidos.

Também reforça a necessidade de adoção de outras medidas de combate a incêndios, em associação com dados obtidos por satélites, e da importância do apoio das comunidades locais. (CSISZAR; MORISETTE; GIGLIO, 2006)

O estudo feito contribui para o conhecimento e correção de inconsistências presentes nos bancos de dados focos de incêndios, que estão associados aos métodos e tecnologias de detecção. Isso permite que análises ambientais sejam feitas de forma mais rigorosa.

Existem diversos erros no processo de aquisição de dados, cujas causas não são evidentes, mas os lapsos se tornam perceptíveis quando resultam em uma base de dados imprecisa para determinados objetivos, ou que não representam adequadamente alguns fenômenos.

A interferência da nebulosidade e ângulo de visada na aquisição de dados é fator conhecido por estudiosos da área de sensoriamento remoto. A contribuição desse trabalho foi tornar possível a quantificação dos efeitos da nebulosidade e ângulo de visada na detecção de focos de incêndio.

## 9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER. **Ecossistemas do Brasil/Ecosystems of Brazil**. São Paulo: Metalivros, 2009

ATKINSON, N.; MCLELLAN, S. (1998); Initial evaluation of AMSU-B in-orbit data. Proc. SPIE 3503, **Microwave Remote Sensing of the Atmosphere and Environment**, 276 (Agosto 19,); doi:10.1117/12.319506. Disponível em: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=964614> Acesso em: 06/03/2015

ARAÚJO, L.M; SILVA, T.M; NASCIMENTO, E.R. Análise dos focos de calor em áreas florestais ao longo do Arco do Desflorestamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII. Florianópolis. **Anais...** INPE, 2007. p.4421-4423. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.18.49/doc/4421-4423.pdf>> Acesso em: 10/11/2014

BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélite. **Revista Floresta**, Curitiba, v.34 (2), p.237-241, mai/ago. 2004. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/firelab/wp-content/uploads/2013/09/artigo16.pdf>>. Acesso em: 03/11/2014

BIRD, R. HULSTROM, R.A. **A simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces**. Estados Unidos, Colorado: Solar Energy Research Institute, 1981. Disponível em: <<http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/pdfs/tr-642-761.pdf>>. Acesso em: 12/05/2014

CSISZAR I.A.; MORISETTE, J.T.; GIGLIO, L., (2006) Validation of active fire detection from moderate-resolution satellite sensors: the MODIS example in northern Eurasia. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, vol.44, no.7, pp.1757,1764, Jul. doi: 10.1109/TGRS.2006.875941. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1645276&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D1645276](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1645276&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1645276)>. Acesso em: 09/03/2015

CONTIJO, G.et.al. **Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto**. In:Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.XV.INPE,2011.p.7966.Disponível em :<<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1587.pdf>>Acesso em:10/11/2014

COUTINHO, A.C.; CORNÉLIO, G. **Precisão posicional dos dados de queimada na região do pantanal brasileiro**. In:Simpósio de Geotecnologias no Pantanal,3.,2010, Cáceres.**Anais...**Campinas:INPE, 2010.p. 679-689.Disponível em :<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/865157/1/p227.pdf>>. Acesso em:06/11/2104

CUNHA, A.M; LIMA C.A.; DIETZSCH, L.. **Levantamento de maior risco de incêndios através de dados NOAA 12. Estudo de caso: Reserva Biológica do Guaporé**. In:Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,XIII.,2007,Florianópolis.**Anais...**INPE,2007.p. 4439-4446.Disponível em:<<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.15.01/doc/4439-4446.pdf>>Acesso em: 06/11/2014

DEPPE, F.et al. **Utilização de dados de temperatura de superfície, precipitação e umidade para a identificação e monitoramento de incêndios em tempo quase real**. In:Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.XIII.,2007.**Anais...**INPE,2007.p.4447-4452. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.16.55/doc/4447-4452.pdf>> Acesso em 06/11/2104

DEPPE, F. PAULA, E.V. **Sistema de suporte à tomada de decisão no combate de incêndios no estado do Paraná**. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, XI.,2003,Belo Horizonte.**Anais...** Curitiba: INPE, 2003.p.447-452.Disponível em: [http://mar.te.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.19.17.14/doc/04\\_461.pdf](http://mar.te.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.19.17.14/doc/04_461.pdf) Acesso em: 06/11/2014

DRUCKER, D . **Avanços na Integração e Gerenciamento de Dados Ecológicos . Natureza&Conservação**. v.9(2),p.115-120,2011.

HOOTS, R.R.( 1980).Spacetrac Report No. 3. **Models for propagation of NORAD elements sets**.T.Kelso.Disponível em:<<https://celestrak.com/NORAD/documentation/spacetrk.pdf>>Acesso em:27/10/2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA– IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências - número 9: Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em:<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Introducao%20ao%20Processamento%20Digital%20de%20Imagens.pdf>>Acesso em: 10/11/2014

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Monitoramento de Queimadas e Incêndios por satélite em tempo quase real**. INPE, 2012. Disponível em :<<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/l>>.Acesso em: 10/11/2014

JESUS, S.S., et al.(2011). Validação de focos de queimadas no Cerrado em imagens TM /LANDSAT- 5. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.p.16-29.Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0899.pdf>> Acesso em:10/11/2014

MAIER, S., et al.(2013). Sensitivity of the MODIS fire detection algorithm (MOD14) in the savanna region of the Northern Territory, Australia, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Volume 76, Fev 2013, Pag 11-16, ISSN 0924-2716, <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.005>.Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271612002055>. Acesso em: 09/03/2015

MEDEIROS, M.B.2002. **Efeitos do fogo nos padrões de rebrotamento em plantas lenhosas, em campo sujo**. Tese de Doutorado.Universidade de Brasília.Brasília, DF.

MENESES, P.(Org); ALMEIDA T. (Org). **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília. Brasília: CNPq, 2012. Disponível em:<<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>> Acesso em:10/11/2014

MILLER, J.(1990)PLA-13 **Satellite Position Calculation Program**. Amsat -UK's Oscar News. .Outubro.No. 85. p.15-25.Disponível em :<<http://www.amsat.org/amsat/articles/g3ruh/111.html>>. Acesso em: 12/05/2014

MIRANDA, H.S(org.).**Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo**. Brasília: IBAMA, 2010

MORADI,I., et.al(2013)Correcting Geolocation Errors for Microwave Instruments Aboard NOAA Satellites.IEEE **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. vol.51.,no.6,jun,pg.3625.Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6417022&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F36%2F6516926%2F06417022.pdf%3Farnumber%3D6417022>>

>.Acesso em 05/03/2015

MUNEER, T. **Solar radiation and daylight models**. Edinburgh: Elsevier,2004

MUSSER, G. Cinco tarefas para fazer no espaço.**Scientific American Brasil**.v.45, p.14,2012.

ODUM, E.P;BARRET, G,W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo:Cengage Learning, 2008.

NOVO,E. M.**Sensoriamento remoto:princípios e aplicações**.SãoPaulo:Blucher, 2010.

PATTISON, T.; CHOU, S. Sensitivity analysis of dual-satellite geolocation," **Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on** , vol.36, no.1, pp.56,71, Jan 2000.doi: 10.1109/7.826312. Disponível em:



<<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=826312&isnumber=17885>> Acesso em:06/03/2015

PEREIRA, G. et al . Determinação e modelagem da taxa de consumo de biomassa queimada. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo , v. 27, n. 1, mar. 2012 . Disponível em : <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862012000100002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862012000100002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 25 set. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000100002>.

PERGOLA,N.TRAMUTOLI, V. Two year of operational use of Subpixel Automatic Navigation of AVHRR scheme: accuracy assessment and validation. **Remote Sensing of Environment**. Novembro de 2002. Disponível em :<<http://link.periodicos.capes.gov.br.ez54.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 26/03/2014.

POE, G. ;.CONWAY,R (1990). "A study of the geolocation errors of the Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I)." **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on** 28(5): 791-799. Disponível em: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractCitations.jsp?tp=&arnumber=58965&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D58965](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractCitations.jsp?tp=&arnumber=58965&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D58965) Acesso em: 06/03/2015

ROY, D. (2000) The impact of misregistration upon composited wide field of view satellite data and implications for change detection. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, vol38, no. 4, jul. Disponível em : <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>Acesso em: 29/01/2015

SCHROEDER, W.CSISZAR, I.MORISSETTE, J. (2008)Quantifying the impact of cloud obscuration on remote sensing of active fires in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**.v.112,n.2,p.456-470.Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442570700199X>>Acesso em:22/04/2014

SELHORST,D. BROWN, L..**Queimadas na Amazônia Sul-Occidental, estado do Acre-Brasil:comparação entre produtos de satélites (GOES-8 e NOAA-12) e observações de campo**.In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.XI.,2003.INPE,2003.p.517-524.Disponível em: [ftp://fapespclima.ccst.inpe.br/lba/inpe/lba\\_archives/LC/LC-02/Papers/04\\_348.pdf](ftp://fapespclima.ccst.inpe.br/lba/inpe/lba_archives/LC/LC-02/Papers/04_348.pdf)

VALLADO, D et al. (2006). **Revisiting Spacetrack Report #3**. AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit, American Institute of Aeronautics and Astronautics. Disponível em:<http://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2006-6753>.Acesso em: 06/03/2015

WALTER, B.M; RIBEIRO, J.F.(2010 ). Cap.5 **Diversidade fitofisionomica e o papel do fogo no bioma Cerrado. Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo**. Ed. IBAMA.

WHITLOCK,C..Tinner,W. (2010) "Fire in the Earth System."**Science Highlights**:Editorial.Pages news.Vol18.No1.Abril, 2010 Disponível em: <[http://pages-igbp.org/download/docs/newsletter/2010-2/Special%20Section/Editorial\\_2010-2\(55-57\).pdf](http://pages-igbp.org/download/docs/newsletter/2010-2/Special%20Section/Editorial_2010-2(55-57).pdf)> Acesso em: 06/11/2014

XAVIER, A.; GALVÃO, L. (2003), **Influência da geometria de visada na resposta espectral de classes de cobertura da região amazônica a partir de dados MISR**. Disponível em:  
<[http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.11.21.17/doc/17\\_077.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.11.21.17/doc/17_077.pdf)>  
Acesso em: 15/01/2015.